

Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Sabrina Passoni Maraviesk

(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2018

Sabrina Passoni Maraviesk
(Organizadora)

Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos interdisciplinares: ciências exatas e da terra e engenharias / Organizadora Sabrina Passoni Maraviesk. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-85107-57-4 DOI 10.22533/at.ed.574181510 1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Maraviesk, Sabrina Passoni. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Estudos Interdisciplinares Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, e neste volume, em seus 18 capítulos, apresenta uma diversidade de estudos realizados nas diversas áreas das ciências exatas, da terra e das engenharias.

As Ciências Exatas e da Terra englobam diversas áreas como: a Física, a Matemática, Probabilidade e Estatística, a Química, a Ciência da Computação, a Astronomia, a Geociências e a Oceanografia. Estas áreas têm o importante papel de fornecer a base do conhecimento para as Engenharias e por este motivo, as Ciências Exatas e da Terra, englobam alguns dos campos mais promissores em pesquisas na Ciência, Tecnologia e Inovação.

Atualmente existem mais de trinta opções de formação acadêmica em Engenharia. E as mais comuns dentre elas são: Civil, Elétrica, Agrônoma, Mecânica, Ambiental, Florestal, Sanitária, de Computação, Química, de Alimentos, de Segurança do Trabalho, de Energias, Industrial, Produção, Biomédica, entre tantas outras.

A interdisciplinaridade entre estas áreas é um processo natural e inevitável, pois a formação dos profissionais engenheiros, seja qual for a Engenharia, necessita da relação entre diversas áreas do conhecimento.

O profissional formado em qualquer uma das áreas citadas acima se destaca pela capacidade de saber inovar com base na ciência, utilizando uma ou mais tecnologias. Isso se faz possível se este profissional tiver conhecimento das áreas que envolvam as relações humanas: como gestão, comunicação, liderança, habilidade de trabalho em equipe, empreendedorismo e criatividade. Atualmente não basta apenas ser bom em matemática e física, é preciso ser multi-intelectual.

Este volume é dedicado à interdisciplinaridade nas diversas áreas das Ciências Exatas e da Terra e das Engenharias, pois o mercado atual exige uma revolução tecnológica e cabe a nós pesquisadores, das diversas áreas, buscarmos conhecer as demandas atuais para promover essas inovações de forma interdisciplinar, e não isoladamente. Neste sentido, esta obra foi dividida em cinco áreas: Administração, Agronomia, Engenharia Civil somado à Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Elétrica e Ensino.

Na área de Administração, o leitor identificará a interdisciplinaridade entre gestão e planejamento ambiental de áreas urbanas destacando atividades econômicas que são potenciais poluidores, buscando assim, inovação na área de Engenharia Mecânica para minimizar danos ambientais. E ainda, que para entender o comportamento do consumidor para um determinado produto, neste caso, a carne bovina se faz necessário o conhecimento da área de Alimentos e Produção Industrial.

Na Agronomia, métodos e programas estatísticos são utilizados para mostrar que a população de nematódeos varia com propriedades físicas do solo. Em outro estudo, mostra-se a forte relação da agronomia com os conhecimentos de química quando

trata-se da eficiência de uso de Nitrogênio ou da sua remobilização no cultivo do arroz. Na quantificação da perda de solos de uma bacia Hidrográfica é possível identificar a interdisciplinaridade com a matemática e a geociências.

A interdisciplinaridade na Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo é ainda mais acentuada, principalmente no que diz respeito à utilização da matemática, química, física, geociências, tecnologias, gestão e sustentabilidade. Nos estudos, verifica-se que é possível propor soluções ambientais por meio de estudos alternativos, como por exemplo, o uso do bagaço de cana-de-açúcar incorporado à liga asfáltica de borracha, uso de radar de penetração no solo para análise de revestimentos asfálticos, manejo sustentável das águas pluvias no meio urbano, utilização de ferramentas de análise multicritério na concepção de sistemas de abastecimento de água provinda de corpos hídricos subterrâneos, qualidade da água e otimização dos projetos arquitetônicos e o crescimento populacional, planejamento e drenagem urbana.

Na Engenharia Elétrica questões bastante atuais são abordadas a fim de conduzir os pesquisadores à tecnológicas sustentáveis, como é o caso do uso do hidrogênio como combustível e a reciclagem de placas de circuito.

Por fim, a área de Ensino que, dentre todas é a mais interdisciplinar de todas as outras áreas. Nesta, são abordadas algumas questões como motivação e a importância da metodologia adotada em sala para se trabalhar o ensino-aprendizagem nas engenharias, licenciaturas e tecnologias.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes, professores e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias promovendo a interdisciplinaridade nas diferentes áreas das Ciências Exatas e da Terra e das Engenharias.

Sabrina Passoni Maravieski

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DO PERFIL POLUIDOR DAS ATIVIDADES INDUSTRIAIS INSTALADAS NOS MUNICÍPIOS DE MARINGÁ, PAIÇANDU E SARANDI NO PERÍODO DE 2000 A 2015.	
<i>Eloah Maria Machado Davantel</i>	
<i>Allan Barbeiro Modos</i>	
<i>Heloisa Helena da Silva Machado</i>	
<i>Júlio César Dainezi de Oliveira</i>	
<i>Silvia Luciana Fávaro</i>	
<i>Wagner André dos Santos Conceição</i>	
CAPÍTULO 2	15
ATRIBUTOS CONSIDERADOS POR CONSUMIDORES PARA A COMPRA DE CARNE BOVINA – ESTUDO DE CASO COM UNIVERSITÁRIOS DE CAMPO MOURÃO	
<i>Valderice Herth Junkes</i>	
<i>Andréa Machado Groff</i>	
CAPÍTULO 3	24
IMPACTO DOS CUSTOS DE TRANSAÇÃO NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA NAVAL: ESTUDO DE CASO EM UM ESTALEIRO CEARENSE	
<i>Carlos David Pedrosa Pinheiro</i>	
<i>Priscila Maria Barbosa Gadelha</i>	
<i>Maxweel Veras Rodrigues</i>	
CAPÍTULO 4	40
AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE NEMATÓIDES DE VIDA LIVRE E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO EM CULTIVO DE ADUBOS VERDES	
<i>Erinaldo Gomes Pereira</i>	
<i>Amanda Elisa Marega</i>	
<i>Nágila Maria Guimarães de Lima Santos</i>	
<i>Cássia Pereira Coelho Bucher</i>	
<i>Ricardo Luiz Louro Berbara</i>	
<i>Luiz Rodrigues Freire</i>	
CAPÍTULO 5	48
PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE REMOBILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO DE MUTANTES DE ARROZ osap18	
<i>Cássia Pereira Coelho Bucher</i>	
<i>Erinaldo Gomes Pereira</i>	
<i>Andressa Fabiane Faria de Souza</i>	
<i>Carlos Alberto Bucher</i>	
<i>Manlio Silvestre Fernandes</i>	
CAPÍTULO 6	53
QUANTIFICAÇÃO DA PERDA DE SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPÓ UTILIZANDO A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS	
<i>Diogo Yukio Uema</i>	
<i>Laine Milene Caraminan</i>	

CAPÍTULO 7 64

ANÁLISE COMPARATIVA DA DENSIDADE MÁXIMA TEÓRICA (DMT) DE UMA MISTURA ASFÁLTICA COM A INCORPORAÇÃO DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DO MÉTODO RICE

Arthur Pereira Neto
Allan Barbeiro Modos
Jesner Sereni Ildefonso
Ronan Yuzo Takeda Violin

CAPÍTULO 8 74

LEVANTAMENTO DE SEÇÕES COM EMPREGO DO RADAR DE PENETRAÇÃO (GPR) NA RODOVIA BR-153-ANÁPOLIS-GO

Antonio Lázaro Ferreira Santos
Welitom Rodrigues Borges
Isabela Resende Almeida
Lucas Pereira Gonçalves
Rafael Pereira Lima
Rafael Araujo Rocha

CAPÍTULO 9 82

MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO MEIO URBANO: O CASO DE BRASÍLIA

Tereza Cristina Esmeraldo de Oliveira
Maria do Carmo de Lima Bezerra

CAPÍTULO 10 96

MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Daniel Cordeiro Ferreira

CAPÍTULO 11 109

OTIMIZAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO CF40-G1 DO PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO – PAC EXECUTADO PELA COHAPAR

Allan Barbeiro Modos
Arthur Pereira Neto
Eloah Maria Machado Davantel
Heloisa Helena da Silva Machado
Berna Valentina Bruit Valderrama
Júlio César Dainezi de Oliveira

CAPÍTULO 12 122

PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM URBANA: CONCEPÇÃO E CENÁRIO ATUAL

Bruna Forestieri Bolonhez
Bárbara Lorrayne da Silva Motta
Paulo Fernando Soares

CAPÍTULO 13 132

QUALIDADE DA ÁGUA NAS TRÊS BACIAS MAIORES (70%) CONTRIBUINTES DA BAÍA DE GUANABARA: GUAPI-MACACU, CACERIBU E IGUAÇU-SARAPUÍ

Ana Carolina Cupolillo Bruno Morena
David Neves de Oliveira

Herman de Castro Lima Neto
Hélder Martins Silva
Emmanoel Vieira da Silva-Filho
Elisamara Sabadini Santos
Edison Dausacker Bidone

CAPÍTULO 14 150

O HIDROGÊNIO COMO VETOR ENERGÉTICO

Diego Rafael Laurindo
Oswaldo Hideo Ando Junior

CAPÍTULO 15 167

RECICLAGEM DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO: UM ESTUDO DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS PARA RECUPERAÇÃO DE METAIS

Maria do Socorro Bezerra da Silva
Raffael Andrade Costa de Melo
André Luis Lopes Moriyama
Carlson Pereira Souza

CAPÍTULO 16 180

ANÁLISE DO PERFIL, MOTIVAÇÃO, SATISFAÇÃO E EXPECTATIVAS DOS ACADÊMICOS DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIANGULO MINEIRO

Vinícius Henrique Vivas
Priscila Pereira Silva
Luciene Alves
Geoffroy Roger Pointer Malpass

CAPÍTULO 17 196

CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL: IMPORTÂNCIA DA APRENDIZAGEM NO CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

Jerry Gleison Salgueiro Fidanza Vasconcelos
Maria de Lourdes Silva Neta
Antônio Cícero do Vale
Erick Dieb Souza

CAPÍTULO 18 207

UMA FORMA LUDICA DE APRENDER

Anna Cristina Barbosa Dias de Carvalho

SOBRE A ORGANIZADORA..... 215

ANÁLISE DO PERFIL POLUIDOR DAS ATIVIDADES INDUSTRIAIS INSTALADAS NOS MUNICÍPIOS DE MARINGÁ, PAIÇANDU E SARANDI NO PERÍODO DE 2000 A 2015.

Eloah Maria Machado Davantel

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Departamento de Engenharia de Alimentos,
Maringá – Paraná

Allan Barbeiro Modos

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mecânica, Maringá – Paraná

Heloisa Helena da Silva Machado

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Departamento de Engenharia Mecânica Maringá
– Paraná

Júlio César Dainezi de Oliveira

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Departamento de Engenharia Mecânica, Maringá
– Paraná

Silvia Luciana Fávaro

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Departamento de Engenharia Mecânica, Maringá
– Paraná

Wagner André dos Santos Conceição

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Departamento de Engenharia Mecânica, Maringá
– Paraná

RESUMO: A identificação do potencial poluidor de atividades econômicas é uma importante ferramenta no contexto da gestão e planejamento ambiental de áreas urbanas. O presente trabalho teve por objetivo identificar o Potencial Poluidor (Pp) das indústrias instaladas

nos municípios de Maringá, Paiçandu e Sarandi, que constituem uma malha conurbada e possuem os parques industriais instalados nos limites de cada município, próximos uns aos outros, contribuindo para o aumento da carga poluidora concentrada em sua área de abrangência. Para tanto, foram analisadas as atividades em funcionamento no período 2000 a 2015 a partir das publicações do Instituto Paranaense do Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) e identificadas suas características nos termos da Lei nº 10.165, de 27.12.2000, complementar à Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Após a análise das informações, verificou-se que houve um crescimento de 87,2% no total de indústrias instaladas nos municípios no período de 2000 a 2015. Destaca-se que as indústrias possuem, predominantemente, médio Potencial Poluidor, representando 67,2% do total de atividades instaladas em 2015. Outra informação relevante é o fato de o perfil poluidor dos municípios não foi modificado ao longo do período, de forma que 95% das indústrias em atividade apresentam potencial poluidor de Médio e Alto grau, ficando claro, portanto, a necessidade de um planejamento ambiental urbano integrado para os municípios.

PALAVRAS-CHAVE: Potencial poluidor; Atividades industriais; Planejamento urbano; Qualidade ambiental.

ABSTRACT: The identification of the pollution potential of economic activities is an important tool in the context of environmental management and planning in urban areas. The present work aimed to identify the Pollution Potential (PP) of industrial plants installed in Maringá, Paiçandu and Sarandi, as they constitute a conurbation and have industrial parks located on the limits of each county, the proximity between them contributes to the increased pollution load concentrated in these areas. To do so, the activities between 2000 and 2015 were analyzed based on publications of the Paranaense Institute of Economic and Social Development (IPARDES) and the federal law 10.165, dated 12.27.2000, complementing to the National Policy of the Environment (PNMA). After analyzing the data, an increase of 87,2% in the total number of installed industrial plants was noted between 2000 and 2015 in the region. It is noteworthy that most of the industries analyzed have an average Pollution Potential, representing 67,2% of the total installed activities in 2015. Another relevant information is the fact that the polluter profile of the counties was not modified over the period, in a way that 95% of the active plants exhibit an average to high degree of Pollution Potential, showing therefore a need for an integrated urban environmental plan between the counties

KEYWORDS: Pollution Potential; Industrial activities; Urban planning; Environmental quality.

1 | INTRODUÇÃO

O período pós-guerra e a corrida armamentista impulsionada pela guerra fria, somados ao êxodo rural e ao processo de urbanização acelerado, impulsionou o desenvolvimento industrial baseado na exploração indiscriminada dos recursos naturais, para atender às necessidades e expectativas de consumo, particularidade da lógica capitalista industrial que avançou até o século XX sem a devida preocupação com as conseqüências e danos ambientais.

No final da década de 1960, com a publicação do relatório Meadows ou Limites do Crescimento, o futuro do desenvolvimento da humanidade e a preservação dos recursos naturais passaram a ser discutidos de forma mais efetiva. Os anos 1970 e 1980 concentraram marcos importantes entre eles a popularização do termo “desenvolvimento sustentável” a partir da publicação do Relatório de Brundtland de 1987, tornando as questões ambientais pontos chave na discussão dos líderes mundiais sobre os novos rumos do crescimento da humanidade (MACHADO, 2013).

A discussão se intensificou nos anos 2000 com o aumento da conscientização no que diz respeito à relação produção industrial/impacto ambiental, por meio de iniciativas dos atores envolvidos no processo nas diversas esferas da sociedade (MACHADO, 2013).

No quadro 1 são apresentados os principais marcos e tendências na evolução das discussões da questão ambiental e ações que influenciaram diretamente no desenvolvimento econômico e social a partir da segunda metade do século XX.

Anos	50-60	70-80	90-00	00-10
Marco(s)	1968: Criação do Clube de Roma	1970: Manifesto de Menton 1972: Relatório “Os Limites do Crescimento” ou “Relatório Meadows”; Criação do PNUMA Conferência de Estocolmo 1987: Relatório de Brundtland – “Our Common Future”	1992: Cúpula da Terra ou Rio-92 Agenda 21	2002: Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável ou Rio +10
Governos	Modelos de Qualidade e padrões de emissão	Comando e Controle: EIA, licenças, multas, etc	Inclusão de Incentivos: prêmios, redução de impostos	Inclusão de Prevenção nas Políticas: desenvolvimento e consumo sustentável
Empresas	Diluição de gases e efluentes	Atitudes Reativas: projetos ETE's	Início dos Códigos Voluntários de Conduta (ISO 14000, P+L)	Acordos Setoriais e Responsabilidade Social Corporativa
Sociedade	Ênfase no Aumento da Industrialização	Movimentos Sociais para o Controle de Poluição, ONGs	Participação em Comitês de Gestão e Controle Social	Trabalhos Voluntários, Consumo Sustentável

Quadro 1 - Marcos históricos e evolução da gestão ambiental

Fonte: MACHADO (2013)

A elaboração de leis e normas estabelecendo critérios de preservação e proteção do ambiente, uso e ocupação do solo, gestão e controle da qualidade da água e do ar foi fundamental para atender às condições necessárias ao desenvolvimento socioeconômico de forma sustentável, garantindo o equilíbrio das relações de troca entre o homem e o ambiente.

A preocupação com o desenvolvimento sustentável tornou-se uma das prioridades nas organizações, abrindo espaço à compreensão e incorporação da questão ambiental às ações, aliando a melhoria dos processos internos à melhoria do desempenho ambiental (ISO 14031).

Entretanto, a obtenção de informações ambientais, principalmente do setor industrial, dificulta as ações de planejamento urbano em ambiental que visem a melhoria da qualidade de vida da população e a redução das áreas de fragilidade ambiental nos espaços urbanos (MORENO, 2005; ABRELPE, 2007, COSTA et al., 2011; MACHADO, MENEGUETTI, OLIVEIRA, 2011; MACHADO, 2013).

No Brasil a política ambiental tem como base a Constituição Brasileira de 1988 em seu Artigo 225, que dispõe sobre a proteção ao meio ambiente e os Capítulos 19, 20 e 21 da Agenda 21 (Rio-92); apoiados pelas leis:

- Lei Federal 6.938/81, que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA);
- Lei Federal 6.803/80, que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial em áreas críticas de poluição;
- Lei Federal 9605/1998 - Lei de Crimes Ambientais, estabelecendo pesadas sanções para os responsáveis pela disposição inadequada de resíduos;
- Lei Federal nº 12.305/2010 que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A Lei n.º 10.165/2000 altera a PNMA abrangendo as atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos naturais, prevendo seu controle visando a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental. Na PNMA estão estabelecidos os instrumentos de gestão ambiental e a necessidade da disposição de informações ambientais atualizadas das atividades nela discriminadas.

Dada a necessidade do desenvolvimento de um planejamento urbano com foco no aumento da qualidade de vida e ambiental, o conhecimento das características das atividades instaladas nas áreas urbanas é de suma importância para os processos de tomada de decisão.

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo identificar o Potencial Poluidor (Pp) das atividades industriais instaladas nos municípios de Maringá, Paiçandu e Sarandi, a partir da Lei nº 10.165/2000, visto que estes constituem uma malha conurbada e possuem os parques industriais instalados nos limites entre os municípios, contribuindo para o aumento da carga poluidora concentrada em sua área de abrangência.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada constituiu a identificação das atividades industriais instaladas nos três municípios e, na sequência, do potencial poluidor de cada tipologia, conforme Machado, Meneguetti e Oliveira (2011) aplicaram ao município de Maringá.

As informações sobre os municípios foram extraídas das publicações do Instituto Paranaense do Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES), uma instituição de pesquisa vinculada à Secretaria do Estado de Planejamento e Coordenação Geral, cuja finalidade é o estudo da realidade econômica e social do Estado do Paraná, de forma a subsidiar a formulação, implantação e avaliação de políticas públicas.

Foram consideradas as informações referentes ao “Número de Estabelecimentos de Empregos Segundo as Atividades Econômicas - RAIS” no período de 2000 a 2015. O Levantamento da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) é realizado

considerando o estabelecimento empregador, ou seja, uma unidade que possua o Cadastro nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ) ou Cadastro específico do INSS (CEI). São considerados estabelecimentos que apresentaram pelo menos um empregado em 31/12 ou que tiveram alguma admissão ou desligamentos ao longo do ano (MTE, 2011).

Para a classificação do potencial poluidor utilizou-se o anexo VIII da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (1981), incluído pela Lei nº 10.165, de 27.12.2000, que aponta o comportamento das atividades econômicas considerando o risco potencial de comprometimento no ambiente considerando o tipo de atividade realizada e o grau de utilização dos recursos ambientais, a partir dos resíduos/rejeitos resultantes dos processos utilizados. Destaca-se que não considera o porte do empreendimento, o grau de avanço tecnológico específico ou dos equipamentos de controle adotados (Quadro 2).

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	Pp/gu
Extração e Tratamento de Minerais	- pesquisa mineral com guia de utilização; lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com ou sem beneficiamento; lavra subterrânea com ou sem beneficiamento, lavra garimpeira, perfuração de poços e produção de petróleo e gás natural.	Alto
Indústria de Produtos Minerais Não Metálicos	- beneficiamento de minerais não metálicos, não associados a extração; fabricação e elaboração de produtos minerais não metálicos tais como produção de material cerâmico, cimento, gesso, amianto, vidro e similares.	Médio
Indústria Metalúrgica	- fabricação de aço e de produtos siderúrgicos, produção de fundidos de ferro e aço, forjados, arames, relaminados com ou sem tratamento; de superfície, inclusive galvanoplastia, metalurgia dos metais não-ferrosos, em formas primárias e secundárias, inclusive ouro; produção de laminados, ligas, artefatos de metais não-ferrosos com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia; relaminação de metais não-ferrosos, inclusive ligas, produção de soldas e anodos; metalurgia de metais preciosos; metalurgia do pó, inclusive peças moldadas; fabricação de estruturas metálicas com ou sem tratamento de superfície, inclusive; galvanoplastia, fabricação de artefatos de ferro, aço e de metais não-ferrosos com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia, têmpera e cementação de aço, recozimento de arames, tratamento de superfície.	Alto
Indústria Mecânica	- fabricação de máquinas, aparelhos, peças, utensílios e acessórios com e sem tratamento térmico ou de superfície.	Médio
Indústria de material Elétrico, Eletrônico e Comunicações	- fabricação de pilhas, baterias e outros acumuladores, fabricação de material elétrico, eletrônico e equipamentos para telecomunicação e informática; fabricação de aparelhos elétricos e eletrodomésticos.	Médio
Indústria de Material de Transporte	- fabricação e montagem de veículos rodoviários e ferroviários, peças e acessórios; fabricação e montagem de aeronaves; fabricação e reparo de embarcações e estruturas flutuantes.	Médio
Indústria de Madeira	- serraria e desdobramento de madeira; preservação de madeira; fabricação de chapas, placas de madeira aglomerada, prensada e compensada; fabricação de estruturas de madeira e de móveis.	Médio

Indústria de Papel e Celulose	- fabricação de celulose e pasta mecânica; fabricação de papel e papelão; fabricação de artefatos de papel, papelão, cartolina, cartão e fibra prensada.	Alto
Indústria de Borracha	- beneficiamento de borracha natural, fabricação de câmara de ar, fabricação e acondicionamento de pneumáticos; fabricação de laminados e fios de borracha; fabricação de espuma de borracha e de artefatos de espuma de borracha, inclusive látex.	Pequeno
Indústria de Couros e Peles	- secagem e salga de couros e peles, curtimento e outras preparações de couros e peles; fabricação de artefatos diversos de couros e peles; fabricação de cola animal.	Alto
Indústria Têxtil, de Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos	- beneficiamento de fibras têxteis, vegetais, de origem animal e sintéticos; fabricação e acabamento de fios e tecidos; tingimento, estamparia e outros acabamentos em peças do vestuário e artigos diversos de tecidos; fabricação de calçados e componentes para calçados.	Médio
Indústria de Produtos de Matéria Plástica.	- fabricação de laminados plásticos, fabricação de artefatos de material plástico.	Pequeno
Indústria do Fumo	- fabricação de cigarros, charutos, cigarrilhas e outras atividades de beneficiamento do fumo.	Médio
Indústrias Diversas	- usinas de produção de concreto e de asfalto.	Pequeno
Indústria Química	- produção de substâncias e fabricação de produtos químicos, fabricação de produtos derivados do processamento de petróleo, de rochas betuminosas e da madeira; fabricação de combustíveis não derivados de petróleo, produção de óleos, gorduras, ceras, vegetais e animais, óleos essenciais, vegetais e produtos similares, da destilação da madeira, fabricação de resinas e de fibras e fios artificiais e sintéticos e de borracha e látex sintéticos, fabricação de pólvora, explosivos, detonantes, munição para caça e desporto, fósforo de segurança e artigos pirotécnicos; recuperação e refino de solventes, óleos minerais, vegetais e animais; fabricação de concentrados aromáticos naturais, artificiais e sintéticos; fabricação de preparados para limpeza e polimento, desinfetantes, inseticidas, germicidas e fungicidas; fabricação de tintas, esmaltes, lacas, vernizes, impermeabilizantes, solventes e secantes; fabricação de fertilizantes e agroquímicos; fabricação de produtos farmacêuticos e veterinários; fabricação de sabões, detergentes e velas; fabricação de perfumarias e cosméticos; produção de álcool etílico, metanol e similares.	Alto
Indústria de Produtos Alimentares e Bebidas	- beneficiamento, moagem, torrefação e fabricação de produtos alimentares; matadouros, abatedouros, frigoríficos, charqueadas e derivados de origem animal; fabricação de conservas; preparação de pescados e fabricação de conservas de pescados; beneficiamento e industrialização de leite e derivados; fabricação e refinação de açúcar; refino e preparação de óleo e gorduras vegetais; produção de manteiga, cacau, gorduras de origem animal para alimentação; fabricação de fermentos e leveduras; fabricação de rações balanceadas e de alimentos preparados para animais; fabricação de vinhos e vinagre; fabricação de cervejas, chopes e maltes; fabricação de bebidas não-alcoólicas, bem como engarrafamento e gaseificação e águas minerais; fabricação de bebidas alcoólicas.	Médio

Serviços de Utilidade	- produção de energia termoelétrica; tratamento e destinação de resíduos industriais líquidos e sólidos; disposição de resíduos especiais tais como: de agroquímicos e suas embalagens; usadas e de serviço de saúde e similares; destinação de resíduos de esgotos sanitários e de resíduos sólidos urbanos, inclusive aqueles provenientes de fossas; dragagem e derrocamentos em corpos d'água; recuperação de áreas contaminadas ou degradadas.	Médio
-----------------------	---	-------

Quadro 2: Atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais

Fonte: BRASIL, 2000

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização dos Municípios

A ocupação territorial da região Norte do Paraná até a década de 60 ocorreu rapidamente devido a um conjunto de fatores, entre eles a expansão da cafeicultura paulista, a existência de extensa área de “terra roxa” e a economia nacional após a crise de 1929.

O plano de colonização da Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP), mais tarde Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP) teve início em 1930 e foi planejado considerando a colonização da região, a construção de estradas e a implantação de cidades. A região destinada ao município de Maringá foi escolhida para se tornar um dos mais importantes centros urbanos do Norte do Paraná (LUZ, 1997).

Foi contratado o engenheiro Jorge de Macedo Vieira para planejar e desenhar o que seria a cidade de Maringá. O projeto que data de 1945 arranjava os bairros determinando previamente sua função e considerando a sua localização: Zona Comercial; Zona Industrial; Zona Residencial Principal; Zona Residencial Popular; Zona Residencial Operária; e, Armazéns. A zona industrial e de armazéns foram instaladas às margens da ferrovia, dispendo dos desvios que facilitavam o fluxo de mercadorias.

Nas décadas de 1960 e 1970, a região tinha como base econômica o complexo cafeeiro, e com a decadência do café passou, gradativamente, para a produção de soja, trigo e milho. Maringá se desenvolveu rapidamente e teve altos índices de expansão urbana, e até 1979 haviam sido implantados cinquenta e cinco loteamentos e incluindo os distritos industriais (BOEIRA, 2003).

Em 2006, atendendo ao disposto na Lei Federal nº 10.257/2001 – Estatuto das Cidades, foi aprovado o Plano Diretor do Município de Maringá, instrumento estratégico de desenvolvimento e expansão urbana, definindo objetivos para o desenvolvimento do Município, ordenados em três dimensões: Desenvolvimento Socioeconômico; Desenvolvimento Territorial e Ambiental; e, Desenvolvimento Institucional, e, para alcançá-los, foram traçadas estratégias consolidadas nas políticas de desenvolvimento socioeconômico, de desenvolvimento territorial e ambiental e de desenvolvimento

institucional.

Desta forma, para implantação de novos empreendimentos/atividades deve-se atender ao previsto no Plano Diretor do município respeitando às premissas do desenvolvimento sustentável, sendo necessária uma análise criteriosa para empreendimentos de grande impacto, observando os meios físico, biótico e socioeconômico, do local e do entorno onde será instalado o empreendimento/atividade.

Segundo as estatísticas IPARDES (2017) e IBGE (2016) o município de Maringá apresenta uma população de 403.063 habitantes, 486.433km² de extensão territorial, Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* de R\$ 36.337,00 per capita, e, em 2015 havia 16.771 atividades econômicas de indústria, comércio, serviços e construção civil oficialmente estabelecidas no município.

O município de Paiçandu foi criado pela Lei Estadual nº 4.245, de 25 de julho de 1960. Possui as mesmas características dos demais municípios da região, tendo sua base econômica iniciada na cafeicultura, Atualmente sua economia é mista, envolvendo agricultura e indústria, sendo dominantes as indústrias de produtos alimentares, couros, peles e produtos similares e bebidas. Atualmente abrange uma área de 170.896km² abrigando uma população de 39.728 habitantes, PIB de R\$ 12.722,00 *per capita*, e um total de 739 atividades econômicas de indústria, comércio, serviços e construção civil em 2015 (IBGE, 2016; IPARDES, 2017).

Sarandi foi traçado nos mapas da companhia melhoramentos em 1947, ano da fundação de Maringá, entretanto, foi criada oficialmente apenas em 1982, mediante movimento popular que solicitava a emancipação do aglomerado urbano, considerando o acentuado crescimento econômico, expansão da área urbana e aumento na arrecadação de impostos. O município está estabelecido num território com 103.683km² de extensão e com uma população de 91.344 habitantes, 1760 atividades econômicas de indústria, comércio, serviços e construção civil e PIB *per capita* registrado em R\$ 13.370,00 em 2015 (IBGE, 2016; IPARDES, 2017).

Os três municípios são os mais importantes da Região Metropolitana de Maringá (RMM), que foi criada em 1998 e composta, inicialmente, pelos municípios de Ângulo, Iguaraçu, Mandaguaçu, Marialva, Maringá, Paiçandu e Sarandi, acrescida de Floresta em 2002. A partir de 2005 foram adicionados os municípios de Astorga, Doutor Camargo, Itambé e Ivatuba, e, em 2010, os municípios de Atalaia, Bom Sucesso, Cambira, Florai, Flórida, Jandaia do Sul, Lobato, Munhoz de Mello, Ourizona, Presidente Castelo Branco, Santa Fé e São Jorge do Ivaí, formando um conjunto de 25 municípios (IBGE, 2010).

Para o desenvolvimento dos municípios da RMM, foram propostas ações de gestão integrada e que atendessem à relação desta com a Região Metropolitana de Londrina, visto que as sedes das regiões distam apenas 100 km. Para tanto, foi implantado o Plano Diretor do Eixo Maringá-Londrina no final dos anos 70, que se tornou a base do projeto METRONOR – MetrÓpole Linear Norte do Paraná. Esse projeto considerava as

características gerais dos aglomerados e tornou-se referência para as administrações dos municípios de Maringá, Londrina e dos municípios instalados ao longo do eixo viário entre as duas cidades (MC, 2004).

No início da década de 1990 foi instituído o Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento da Região de Maringá, Marialva, Sarandi e Paçandu (METROPLAN), sendo elaborados planos específicos para cada município sob a coordenação geral do consórcio e desenvolvido por equipes de cada prefeitura, com o objetivo de unificar as ações e o processo de planejamento aplicado aos municípios (MC, 2004). Atualmente, a gestão da RMM ocorre de maneira integrada e visa promover o desenvolvimento simultâneo da região, buscando seu fortalecimento econômico no Estado.

Desde o início da década de 2000, Maringá, Paçandu e Sarandi estabeleceram uma relação metropolitana de fato, constituindo uma malha conurbada, onde os equipamentos sociais e as funções públicas de interesse público são administrados para atender a demanda dos três municípios (ODM, 2005) (Figura 1).

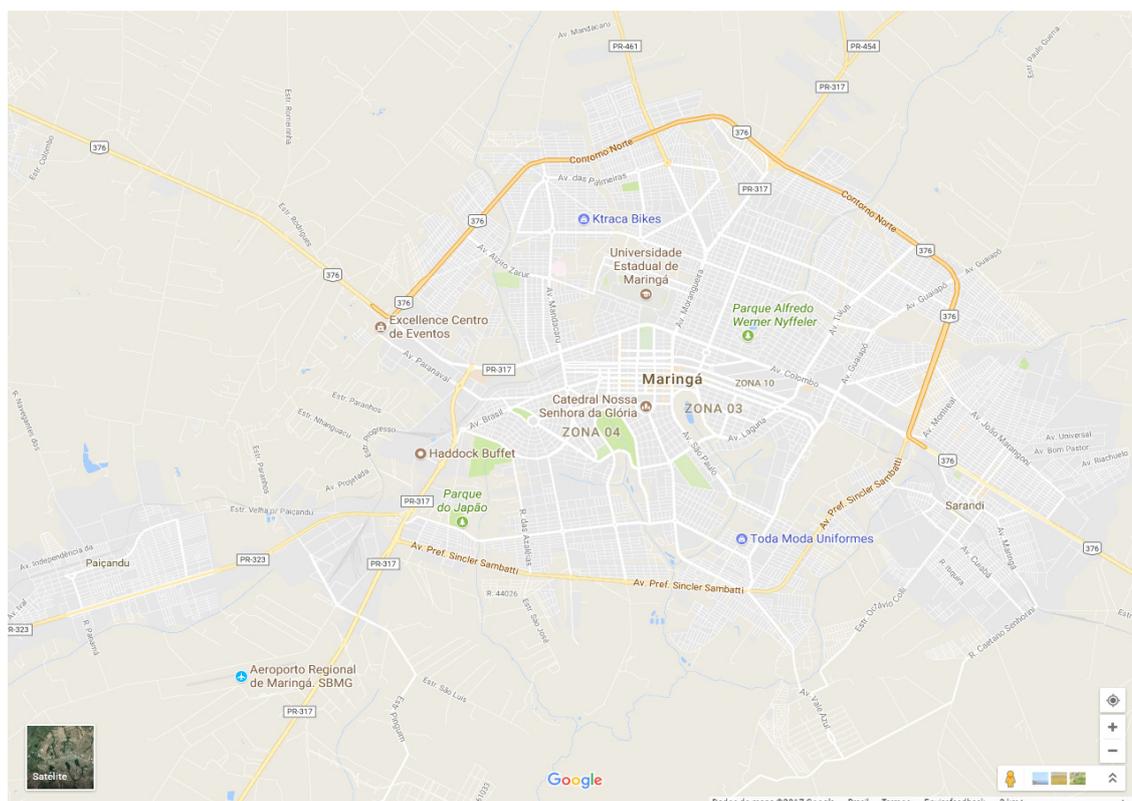


Figura 1 – Malha urbana Maringá – Paçandu – Sarandi

Fonte: Google, 2017

Nesse contexto, cabe considerar o desenvolvimento e crescimento conjunto dos três municípios, incluindo seus parques industriais, observando a influência que as características de conurbação e a proximidade desses parques exercem sobre a qualidade de vida e ambiental dos municípios.

3.2 Potencial Poluidor (PP)

As informações sobre os municípios foram coletadas a partir dos Cadernos

IPARDES 2011 a 2017. Por meio da análise das informações pode-se verificar que houve um aumento expressivo no número de indústrias instaladas, totalizando um aumento de 87,2% no período de 2000 a 2015 (Figura 2).

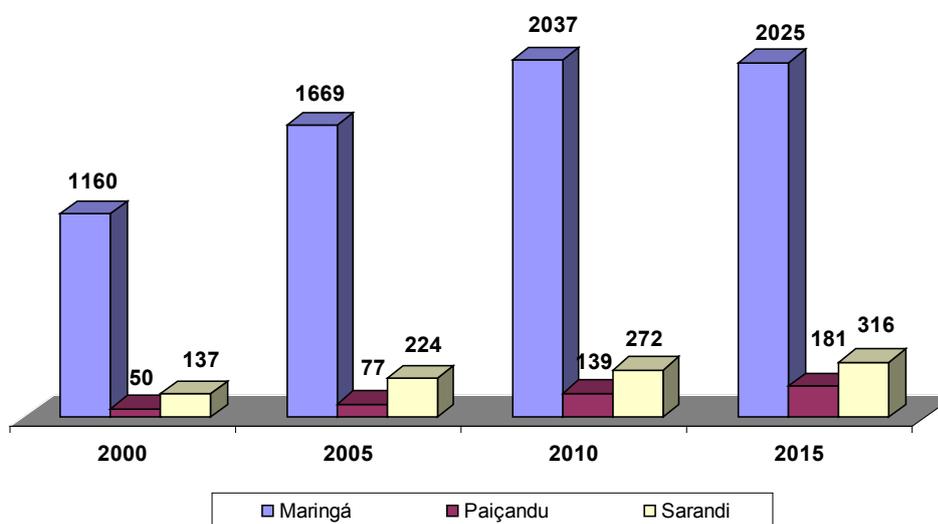


Figura 2: Atividades industriais instaladas no período de 2000 a 2015

Proporcionalmente, Paiçandu foi o município que apresentou maior de número de indústrias instaladas em seu território quando comparado o 2015 em relação ao início do período analisado, registrando um crescimento de 262,0%, seguido de Sarandi de 130,7% e Maringá de 75,4% (Figura 2).

No município de Maringá destacaram-se as indústrias: têxtil e do vestuário, de produtos alimentícios e bebidas, metalúrgica e da madeira e do mobiliário, nessa ordem. Em Paiçandu os destaques foram a indústria metalúrgica, têxtil e do vestuário, da madeira e do mobiliário, seguidos da indústria química e farmacêutica e da indústria de produtos alimentícios e de bebidas. No município de Sarandi, as indústrias que apresentaram maiores crescimentos foram: da madeira e do mobiliário, seguida da metalúrgica, da têxtil e do vestuário, e da indústria de produtos minerais não metálicos.

A identificação do Potencial Poluidor (Pp) das atividades industriais foi realizada a partir das informações da Lei nº 10.165, de 27.12.2000. Na tabela 1 estão relacionadas atividades econômicas industriais presentes na região de estudo e seu respectivo Potencial Poluidor (Pp/Gu) e o crescimento apresentado no período de 2000 a 2015.

Município	Estabelecimentos RAIS	2000	2005	2010	2015	Pp/Gu
MARINGÁ	Indústria de Extração de Minerais	2	5	2	3	alto
	Indústria de Produtos Minerais não Metálicos	41	62	71	85	médio
	Indústria Metalúrgica	128	174	219	257	alto
	Indústria Mecânica	55	73	120	160	médio
	Indústria de Materiais Elétricos e de Comunicação	24	39	47	61	médio
	Indústria de Materiais de Transporte	37	38	71	70	médio
	Indústria da Madeira e do Mobiliário	112	146	206	223	médio
	Indústria do Papel, Papelão, Editorial e Gráfica	87	131	171	161	alto
	Indústria Química, Produtos Farmacêuticos, Veterinários, Perfumaria, Sabões, Velas e Matérias Plásticas	89	134	129	134	alto
	Indústria Têxtil, do Vestuário e Artefatos de Tecidos	368	569	617	453	médio
	Indústria de Calçados	8	8	7	12	médio
	Indústria de Produtos Alimentícios, de Bebida e Álcool Etílico	155	198	246	267	médio
	Serviços Industriais de Utilidade Pública	4	9	18	24	médio
	Ind. da Borracha, Fumo, Couros, Peles, Similares e Ind. Diversas	50	83	113	115	ND
Total	1160	1669	2037	2025		
PAIÇANDU	Indústria de Extração de Minerais	-	-	-		alto
	Indústria de Produtos Minerais não Metálicos	2	1	4	10	médio
	Indústria Metalúrgica	8	20	27	40	alto
	Indústria Mecânica	3	4	16	19	médio
	Indústria de Materiais Elétricos e de Comunicação	1	2	-		médio
	Indústria de Materiais de Transporte	3	3	1	3	médio
	Indústria da Madeira e do Mobiliário	6	7	15	21	médio
	Indústria do Papel, Papelão, Editorial e Gráfica	-	1	3	6	alto
	Indústria Química, Produtos Farmacêuticos, Veterinários, Perfumaria, Sabões, Velas e Matérias Plásticas	5	6	9	16	alto
	Indústria Têxtil, do Vestuário e Artefatos de Tecidos	7	12	37	30	médio
	Indústria de Calçados	3	7	12	7	médio
	Indústria de Produtos Alimentícios, de Bebida e Álcool Etílico	8	7	9	16	médio
	Serviços Industriais de Utilidade Pública	-	1	1	5	médio
	Ind. da Borracha, Fumo, Couros, Peles, Similares e Ind. Diversas	4	6	5	8	ND
Total	50	77	139	181		

SARANDI	Indústria de Extração de Minerais	-	-	-		alto
	Indústria de Produtos Minerais não Metálicos	8	15	14	30	médio
	Indústria Metalúrgica	22	33	48	57	alto
	Indústria Mecânica	6	9	15	14	médio
	Indústria de Materiais Elétricos e de Comunicação	2	2	2	2	médio
	Indústria de Materiais de Transporte	4	14	17	20	médio
	Indústria da Madeira e do Mobiliário	36	51	59	81	médio
	Indústria do Papel, Papelão, Editorial e Gráfica	6	7	7	9	alto
	Indústria Química, Produtos Farmacêuticos, Veterinários, Perfumaria, Sabões, Velas e Matérias Plásticas	6	7	14	13	alto
	Indústria Têxtil, do Vestuário e Artefatos de Tecidos	21	55	69	52	médio
	Indústria de Calçados	3	1	1	2	médio
	Indústria de Produtos Alimentícios, de Bebida e Álcool Etílico	16	20	16	22	médio
	Serviços Industriais de Utilidade Pública	-	1	2	5	médio
	Ind. da Borracha, Fumo, Couros, Peles, Similares e Ind. Diversas	7	9	8	9	ND
	Total	137	224	272	316	

Tabela 1: Potencial Poluidor (Pp/Gu) das atividades industriais instaladas no período de 2000 a 2015

As atividades relacionadas às indústrias de borracha, fumo, couros, peles, produtos similares e indústrias diversas são contabilizadas em grupo pelo IPARDES, não estando claro o número de indústrias estabelecidas nos municípios de estudo para cada uma dessas atividades, enquanto a PNMA classifica-as separadamente: Indústria de Borracha; Indústria de Couros e Peles; Indústria do Fumo; e Indústrias Diversas, com Pp variando de Pequeno a Alto, dificultando a classificação do potencial poluidor individual. Para estas indústrias foi atribuído Pp Não Definido (ND).

A atribuição de potencial não definido (ND) não influenciou no resultado referente ao perfil das indústrias instaladas nos três municípios.

Analisando comparativamente o número de estabelecimentos industriais instalados no período de avaliação verificou-se que os três municípios apresentaram altos índices de crescimento, totalizando 87,2%. Paiçandu destacou-se com um aumento de 262%, seguido de Sarandi com 130,6%. Maringá apresentou crescimento de 74,1% no período de 2000 a 2010, e um decréscimo de 0,6% no período de 2010 a 2015, representados pela redução no número de indústrias do Papel, Papelão, Editorial e Gráfica e Têxtil, do Vestuário e Artefatos de Tecidos.

Além constatação do crescimento expressivo no número de atividades industriais instaladas nos três municípios no período de 2000 a 2015, a análise proposta neste estudo revelou a manutenção do perfil dessas atividades, ou seja, houve a manutenção

do potencial poluidor classificado como Médio e Alto, representado por 95% das indústrias instaladas, conforme pode ser observado nas figuras 3 e 4.

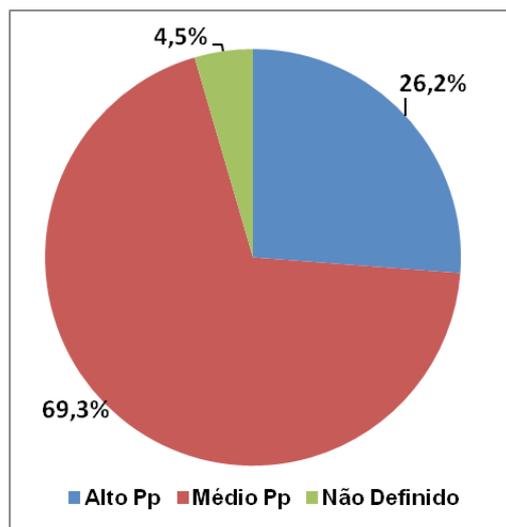


Figura 3 - Perfil poluidor instalado em 2000, considerando o Pp/Gu (PNMA)

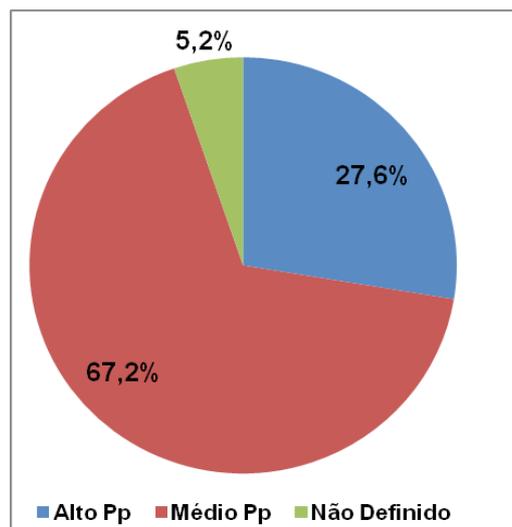


Figura 4 - Perfil poluidor instalado em 2015, considerando o Pp/Gu (PNMA).

Destaca-se que essa condição deve ser avaliada pelos gestores públicos dada a malha conurbada dos municípios e o índice de expansão urbana conforme o plano de desenvolvimento adotado para a região. As ações para redução das áreas de fragilidade ambiental e melhoria da qualidade de vida da população devem ser metas claras no planejamento urbano, principalmente nas áreas dos parques industriais e seu entorno para os três municípios.

4 | CONCLUSÃO

O conhecimento das características das atividades instaladas nas áreas urbanas é de suma importância para os processos de tomada de decisão para o desenvolvimento de um planejamento urbano com foco no aumento da qualidade de vida e ambiental e a redução de áreas de fragilidade ambiental em áreas urbanas.

A análise do perfil das atividades industriais instaladas nos três municípios revelou não apenas um crescimento expressivo no período de 2000 a 2015, como também a manutenção do potencial poluidor instalado, sendo caracterizado como Médio e Alto para 95% das indústrias.

As ações para redução das áreas de fragilidade ambiental e melhoria da qualidade de vida da população devem ser metas claras no planejamento urbano, principalmente nas áreas dos parques industriais e seu entorno, e devem acontecer de forma integrada para os três municípios.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS (ABRELPE).

Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2007. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/noticia_destaque_panorama.php. Acesso em: 14 jun. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO14031:2015 - Gestão ambiental: avaliação do desempenho ambiental – Diretrizes.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 44p.

BOEIRA, J.J. **Espaço urbano de uma metrópole de porte médio: Maringá.** 2003. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) Universidade Estadual de Maringá – PR, Brasil.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional de Meio Ambiente.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm> Acesso em 27 jun 2017.

_____. **Lei Federal no 10.165, de 27 de dezembro de 2000.** Altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10165.htm#art3 Acesso em 27 jun 2017.

COSTA, L.C. *et al.* **Aplicação do Sistema de Projeção de Poluição Industrial (Modelo IPPS) na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (Rio de Janeiro, Brasil): estudo de caso.** *Caderno de Saúde Coletiva* (2011), Rio de Janeiro, 19 (1), p. 66-73.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades - Censo 2010.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/> Acesso em 12 jul 2017.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). **Base de Dados do Estado.** Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/>> Acesso em 10 jul 2017.

LUZ, F. O Fenômeno urbano numa zona pioneira: Maringá. Maringá: Prefeitura Municipal de Maringá, 1997.

MACHADO, H. H. S. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Classe I Gerados no Município de Maringá - Pr.** 2013. 170 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá. Maringá-PR.

MACHADO, H. H. S. MENEGUETTI, K. S. OLIVEIRA, J. C. D. **Potencial Poluidor de Atividades Industriais: Estudo de Caso – Maringá-PR.** In: VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica. Outubro/2011. Anais Eletrônico. CESUMAR – Centro Universitário de Maringá: Maringá-PR.

MINISTÉRIO DAS CIDADES (MC). **Banco de experiências de planos diretores participativos: Maringá.** 2004. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/ExperienciasEstados/Maringa_PlanoPR.pdf Acesso em 28 Abr 2017.

MORENO, R. A. M. **Estimativa de Potencial Poluidor nas Indústrias: o caso do Estado do Rio de Janeiro.** 2005. Dissertação. 165 p. (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.

OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLIS (ODM). **Região Metropolitana de Maringá.** 2005. Disponível em: http://www.observatoriodasmetrolopes.ufrj.br/como_anda/como_anda_RM_maringa.pdf Acesso em 20 Mai 2017.

ATRIBUTOS CONSIDERADOS POR CONSUMIDORES PARA A COMPRA DE CARNE BOVINA – ESTUDO DE CASO COM UNIVERSITÁRIOS DE CAMPO MOURÃO

Valderice Herth Junkes

Universidade Estadual do Paraná – *Campus* de Campo Mourão, Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial – Grupo de Pesquisas em Materiais Agroindustriais
Campo Mourão - Paraná

Andréa Machado Groff

Universidade Estadual do Paraná – *Campus* de Campo Mourão, Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial – Grupo de Pesquisas em Materiais Agroindustriais
Campo Mourão - Paraná

RESUMO: O consumo de alimentos, bem como de outros bens, é determinado por diversos fatores. Entender o comportamento do consumidor requer uma análise específica dos diversos tipos de consumidores e dos aspectos considerados para a aquisição do produto. Para a carne bovina, a aparência, o preço, a cor, o corte, o teor de gordura e os locais de compra são importantes para a decisão de compra, porém, após a compra, atributos sensoriais como suculência, maciez e sabor irão determinar se o consumidor voltará a comprar o produto. A fim de avaliar os atributos considerados, por consumidores universitários de Campo Mourão – Paraná, para a compra de carne bovina foi realizado o presente estudo. Como universo da pesquisa foram considerados

os universitários do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial da Universidade Estadual do Paraná, que residem sozinhos ou com outros estudantes. Foram aplicados 57 questionários a fim de identificar os atributos sensoriais (maciez, odor, sabor e suculência) e os atributos visuais (aparência, embalagem, cor da gordura, tamanho da peça, método de conservação, cor da carne, espessura de gordura e limpeza da peça) considerados para efetuar a compra da carne bovina e os pontos de compra (supermercados, açougues e outros) preferidos. Constatou-se que a maciez e o odor são os principais atributos sensoriais (40,4 e 40,4%, respectivamente) e a aparência e a cor da carne os principais atributos visuais (28,1% e 21,0%, respectivamente) e que os supermercados e açougues são os principais pontos de compra preferidos pelos universitários (61,4 e 28,1%, respectivamente). Como principais fatores associados à compra em supermercados estão a higiene do local, a praticidade e a proximidade de suas residências. **PALAVRAS CHAVE:** Atributos sensoriais; Ponto de compra; Preferência.

ABSTRACT: Food and other goods consumption is determined by many factors. Understanding the consumer's behavior requires a specific analysis of the many types of consumers and of the important features for buying the product.

The appearance, price, the color, the cut, the amount of fat and purchase points are important factors when deciding to buy bovine meat, however, after the purchase, sensory attributes such as juiciness, tenderness and flavor will determine whether the consumer will come back to buy the product again. In order to know the characteristics considered to be important by university student's consumers of *Campo Mourão – Paraná*, when buying bovine meat, the present study was conducted. The university students of Agro-industrial Production Engineering that lives alone or with other students were considered the research universe. Due to identify the sensory attributes (softness, smell, taste and juiciness) and the visual attributes (appearance, packing, fat color, part size, preservation method, meat color, fat thickness and parts cleaning) considered when buying bovine meat and purchase points (supermarkets, butchers and others) preferred, 57 questionnaires were applied. It was found that softness and smell as the most important sensory attributes (40.4 and 40.4%, respectively) and appearance and meat color as the most important visual attributes (28.1 and 21.0%, respectively). Supermarkets and are butchers are main purchase points (61.4 and 28.1, respectively). The main factors associated with purchase at supermarkets are the hygiene of place, practicality and proximity of residences.

KEYWORDS: Sensory attributes; Purchase points; Preference.

1 | INTRODUÇÃO

A bovinocultura de corte é uma das principais atividades produtivas do Brasil que, de acordo com estimativas do *United States Department of Agriculture (USDA, 2018)*, é destaque na produção e na exportação de carne bovina.

A cadeia produtiva da carne bovina envolve um conjunto de organizações que tem como objetivo, identificar e atender as necessidades e desejos do consumidor (SOUKI *et al.*, 2003). De acordo com Reis *et al.* (2006), satisfazer o consumidor deve ser o objetivo principal de qualquer cadeia produtiva.

De acordo com Araújo (2005), conhecer o comportamento dos consumidores é essencial para o planejamento e a definição de estratégias de *marketing*, com a finalidade de atender os desejos e as necessidades desses de forma lucrativa e estratégica para as organizações.

Para Bertasso (2000) a decisão de consumo de carne é influenciada por variáveis de caráter econômico, sociocultural e psicológico. Além dessas, o preço, a cor da carne, o corte, o teor de gordura, são observados para a compra, no entanto, após a compra, atributos sensoriais como a suculência, a maciez e o sabor irão determinar se o consumidor voltará a comprar o produto (BARCELLOS, 2002; BRISOLA; CASTRO, 2005; DAGUER, 2009).

Outros aspectos relacionados ao ponto de compra também podem influenciar a decisão do consumidor, pois, esse pode proporcionar comodidade e praticidade ao consumidor (BRISOLA; CASTRO, 2005). Segundo Souki *et al.* (2003) o ponto de compra é importante e, muitas vezes, decisivo para a aquisição do produto, devido à

fidelização dos consumidores a determinados estabelecimentos.

Diante deste contexto, o presente estudo teve como objetivo identificar os principais atributos considerados, por consumidores universitários que residem sozinhos ou com outros estudantes, para a compra de carne bovina.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Quanto ao método de abordagem do problema, a pesquisa classifica-se como qualitativa/quantitativa. Quanto aos objetivos classifica-se como descritiva e explicativa. Quanto aos procedimentos de coleta de dados, como bibliográfica, levantamento e estudo de caso. A classificação da pesquisa foi realizada com base em Gil (2002).

Como universo da pesquisa considerou-se os acadêmicos do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial da Universidade Estadual do Paraná – *Campus* de Campo Mourão, que residem sozinhos ou com outros estudantes.

Primeiramente, foi realizada pesquisa bibliográfica sobre o assunto e, a partir dessa, estruturado um questionário com questões de caráter pessoal (sexo, faixa etária e renda familiar), de atributos considerados para a compra e do ponto de compra, apresentadas a seguir:

- a. Qual dos atributos sensoriais considera mais importante para a compra da carne bovina? (Opções de resposta: maciez, sabor, odor e suculência);
- b. Qual dos atributos visuais considera mais importante para a compra da carne bovina? (Opções de resposta: aparência, embalagem, coloração da gordura, tamanho da peça, método de conservação, coloração da carne, espessura da gordura e limpeza da peça).
- c. Qual desses pontos de compra prefere para a compra da carne bovina (Opções de resposta: supermercado, feira, açougue ou outro) e por quê?

O questionário foi aplicado em dezembro de 2015 e preenchido pelos acadêmicos voluntariamente e sem a necessidade de identificação. A amostra foi obtida a partir de uma população constituída por 62 acadêmicos dos quais 57 (91,9%) responderam o questionário.

Por fim, os dados coletados foram organizados em planilhas e tratados por meio de técnicas estatísticas de média simples, frequência e porcentagem, calculadas utilizando-se o *software Microsoft Excel*®.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PERFIL DOS CONSUMIDORES

A Tabela 1 apresenta as informações referentes ao perfil dos universitários que

responderam os questionários.

Características		Porcentagem (%)
Sexo	Feminino	56,1
	Masculino	43,9
Idade	De 17 – 19 anos	24,6
	De 20 – 23 anos	57,9
	Acima de 23 anos	17,5
Renda familiar	Menos de um salário mínimo*	35,1
	Um a três salários mínimos	57,9
	Mais de três salários mínimos	7,0

Tabela 1 – Perfil dos consumidores universitários

*Salário mínimo: R\$ 1.032,02 para o estado do Paraná – outubro de 2015.

Constatou-se que 56,1% dos consumidores são do sexo feminino e 43,9% do sexo masculino. A maioria (57,9%) apresenta idade entre 20 e 23 anos, 24,6% entre 17 e 19 anos e 17,5% acima de 23 anos. 57,9% possui renda familiar entre um e três salários mínimos, 35,1% inferior a um salário mínimo e 7,0% superior a três salários mínimos.

3.2 ATRIBUTOS SENSORIAIS

Os resultados referentes aos principais atributos sensoriais considerados pelos universitários para a compra da carne bovina estão apresentados na Figura 1.

Constatou-se que a maciez e o odor foram os atributos considerados mais importantes pela maioria dos universitários (40,4 e 40,4%, respectivamente), seguidos do sabor (14,0%) e da suculência (5,2%). De acordo com Daguer (2009) atributos sensoriais como a maciez, o sabor e a suculência da carne bovina, determinarão se o consumidor voltará a compra-la, pois, são avaliados somente após a compra, no momento do consumo.

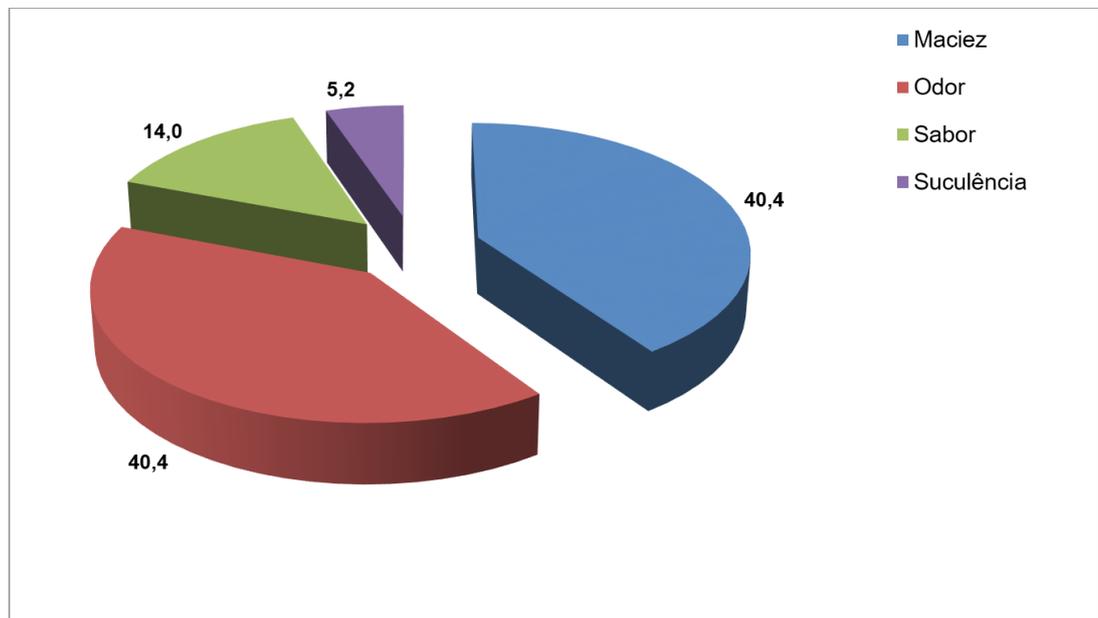


Figura 1 – Atributos sensoriais considerados pelos universitários para a compra da carne bovina.

A maciez, de acordo com Buso (2000), é um dos principais fatores de qualidade atribuído à carne. Conforme constatado por Zimbres (2006), a maciez e o odor estão entre as principais características da carne analisadas pelos consumidores da União Europeia.

Andrighetto *et al.* (2014) ao avaliarem as características relacionadas ao comportamento de consumo de carne bovina, na comunidade acadêmica da Universidade Estadual de São Paulo – *Campus* Experimental de Dracena, constataram que a maciez e o sabor foram os principais atributos considerados para a compra. Já Lusk e Briggeman (2009) constataram que o sabor é um dos atributos mais importantes para os consumidores.

O estudo realizado por Pinheiro *et al.* (2008), com o objetivo de traçar o perfil e as preferências dos consumidores de carne bovina, demonstrou que os consumidores consideram como carne de melhor qualidade aquela que apresenta odor agradável e maciez.

A suculência, de acordo com Zimbres (2006), é um dos atributos mais estudados sobre qualidade da carne devido à satisfação que traz ao indivíduo no momento do consumo, porém, foi o atributo menos lembrado pelos entrevistados da União Europeia, assim como pelos universitários avaliados no presente estudo.

3.3 ATRIBUTOS VISUAIS

A Figura 2 apresenta os principais atributos visuais considerados pelos universitários para a compra da carne bovina.

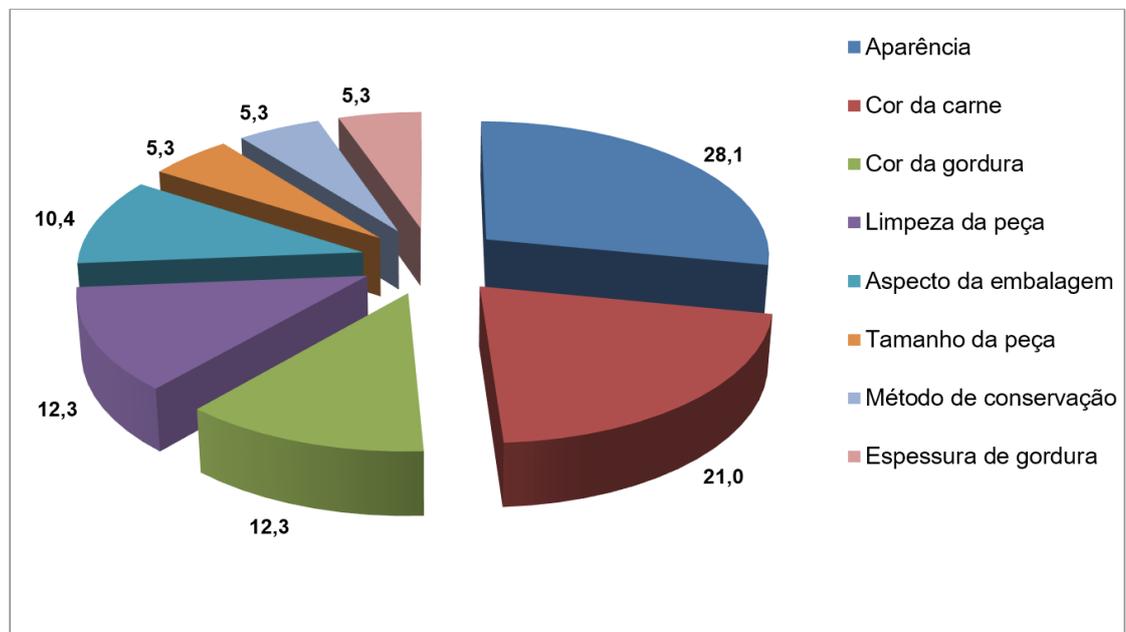


Figura 2 – Atributos visuais considerados pelos universitários para a compra da carne bovina.

A aparência e a coloração da carne foram os atributos considerados como mais importantes pela maioria dos universitários (28,1 e 21,0%, respectivamente), seguidos da limpeza da peça (12,3%), da coloração da gordura (12,3%) e do aspecto da embalagem (10,4%).

Barcellos (2002) afirma que a aparência é o principal atributo que define a compra. Para Brisola e Castro (2005) e Andrighetto *et al.* (2014), as cores da carne e da gordura e a limpeza da peça são fatores decisórios para a compra do produto. A coloração da carne, conforme observado por Souki *et al.* (2003), é o principal atributo considerado pelo consumidor para a compra do produto.

O tamanho da peça, o método de conservação e a espessura de gordura são atributos considerados pouco importantes pela maioria dos universitários (Figura 2). Souki *et al.* (2003) também observaram que os atributos espessura da gordura e tamanho da peça não são considerados como decisórios para a compra.

3.4 PONTOS DE COMPRA

Os resultados referentes aos pontos de compra preferidos pelos consumidores universitários estão apresentados na Figura 3.

Constatou-se que 61,4% dos universitários realizam a compra da carne bovina preferencialmente em supermercados, o que foi justificado pela praticidade, variabilidade de produtos existentes no local, proximidade de suas residências e higiene do local. Os consumidores ainda citaram que os supermercados possuem ações de *marketing* que influenciam o processo de compra de carne.

A segunda opção preferida foram os açougues com 28,1%. Entre os motivos relatados por não comprar nesses estão a distância de suas residências e o preço mais elevado. 7,0% relataram realizar suas compras em feiras e 3,5% em outros locais.

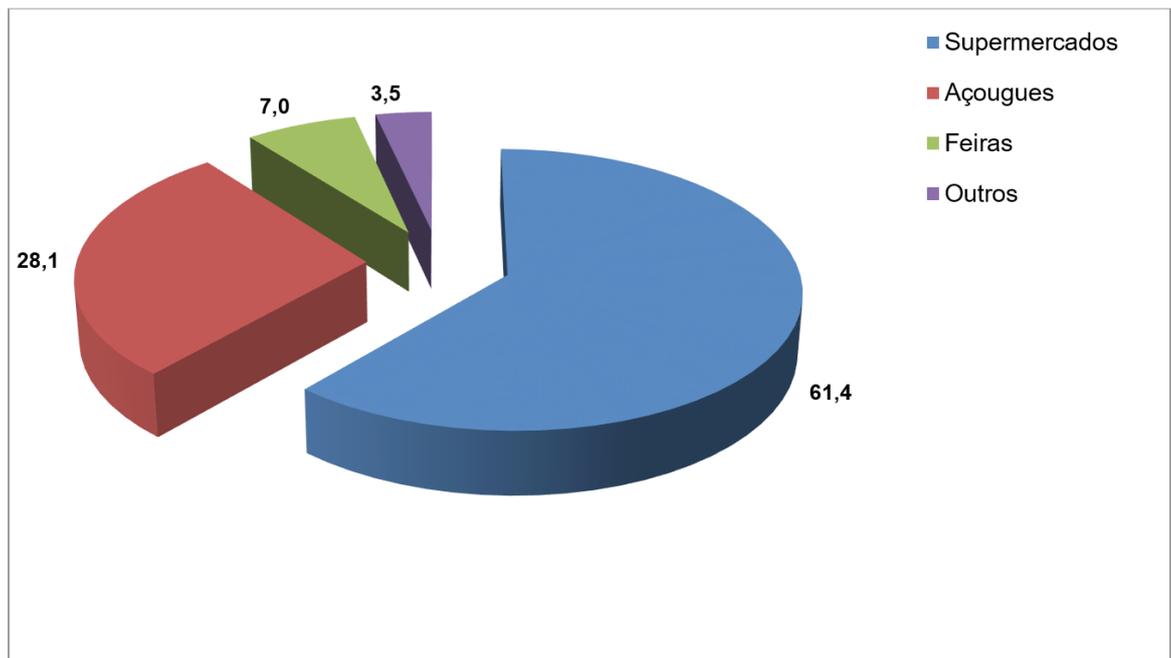


Figura 3 – Pontos de compra preferidos pelos universitários para a aquisição da carne bovina.

Porto (2005), em estudo realizado sobre o local de compra de carnes em Pelotas-RS, apontou como principal local escolhido para a compra os supermercados (40,0%), seguido dos açougues com 28,7%. A preferência por compras em supermercados também foi observada por Teixeira (2013) e Fernandes *et al.* (2015).

Wagner (2014), em estudo realizado nas cidades de Florianópolis e Botucatu, constatou que os consumidores realizavam a compra da carne em supermercados, devido à praticidade de comprar outros produtos, no entanto, indicaram ter a preferência por açougues.

4 | CONCLUSÕES

Constatou-se que os consumidores universitários consideram atributos sensoriais como maciez e sabor da carne, como importantes para que a compra volte a acontecer, pois, são avaliados somente após a compra. Já a respeito dos atributos visuais verifica-se que a aparência e a coloração da carne irão determinar se o consumidor realizará a compra da carne bovina.

Quanto ao local de compra verificou-se que o supermercado é o principal devido à higiene do local, à praticidade e à proximidade de suas residências. Entre os motivos relatados por não comprar a carne bovina em açougues estão a distância de suas residências e o preço mais elevado.

A partir desta pesquisa foi possível delimitar os principais atributos e os locais de compra considerados pelos consumidores universitários para a compra da carne bovina, servindo de base para a realização de futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ANDRIGHETTO, C. *et al.* **Consumo de carne bovina na comunidade acadêmica da UNESP - Dracena.** *Revista Ciência em Extensão.* v.10, n.3, p.133-142, 2014
- ARAÚJO, M. J. **Marketing em agronegócios.** In: _____ Fundamentos em Agronegócios. 2ª. Edição. São Paulo: Atlas, 2005. P. 130-142.
- BARCELLOS, M. D. **Processo decisório de compra de carne bovina na cidade de Porto Alegre.** 2002. Dissertação (Mestrado em Agronegócios), Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- BERTASSO, B. F. **O consumo alimentar em regiões metropolitanas brasileiras: análise da pesquisa de orçamentos familiares/IBGE 1995/96.** 2000. 109 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- BRISOLA, M. V.; CASTRO, A. M. G. **Sintonia da informação sobre as preferências dos consumidores de carne bovina entre os agentes da cadeia de produção no Distrito Federal.** 2005. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/3055256-De-carne-bovina-entre-os-agentes-da-cadeia-de-producao-no-distrito-federal.html>> Acesso em: 01/02/2016.
- BUSO, G. **Análise do perfil de consumidor de carne bovina na cidade de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Administração). São Paulo: Universidade Federal de São Carlos, 2000.
- DAGUER, H. **Efeitos da injeção de ingredientes não cárneos nas características físico-químicas e sensoriais do lombo suíno.** Curitiba: 187f, 2009. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, 2009.
- FERNANDES, P.T. *et al.* (2015). **Análise do perfil e preferência do consumidor de carne bovina em Guanambi – BA e microrregião.** Disponível em: <<http://faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/11/AN%C3%81LISE-DO-PERFIL-E-PREFER%C3%80NCIA-DO-CONSUMIDOR-DE-CARNE-BOVINA-EM-GUANAMBI-%E2%80%93-BA-E-MICRORREGI%C3%83O1.pdf>> Acesso em: 20/12/2015.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4a edição. São Paulo: Atlas, 2002.
- LUSK, J.L.; BRIGGEMAN, B.C. **Food Values.** *American Journal of Agricultural Economics*, v.91, p.184– 196, 2009.
- PINHEIRO, M. C. *et al.* **Perfil e preferência de consumo da carne bovina na cidade de Boa Vista-RORAIMA (RR).** *Agro@mbiente On-line*, v.2, 2008. Disponível em: <<http://revista.ufr.br/agroambiente/article/viewFile/157/91>> Acesso em: 08/09/2016.
- PORTO, R. G. **A frequência e o local de compra de carnes em Pelotas-RS.** BeefPoint. 2005. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/qualidade-da-carne/a-frequencia-e-o-local-de-compra-de-carnes-em-pelotas-rs-26874/>> Acesso em: 09/05/2016.
- REIS, I. D. *et al.* **Fatores que influenciam o processo de compra de carne bovina do consumidor de Ji-Paraná – Ro.** 2006. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:EQhjEGqBxsEJ:www.revista.ulbrajp.edu.br/seer/inicia/ojs/include/getdoc.php%3Fid%3D1269%26article%3D445%26mode%3Dpdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- SOUKI, G. Q. *et al.* **Atributos que afetam a decisão de compra dos consumidores de carne bovina.** *Organizações Rurais & Agroindustriais*, Viçosa, v.5, n.2, p.36-51, 2003. Disponível em: <<http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/238>> Acesso em: 10/01/2017.

TEIXEIRA, J. O. J. **Perfil do consumidor de carne bovina em Porto Alegre – RS**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/80760>> Acesso em: 10/12/2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Livestock and Poultry: World market and trades**. April, 2018. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.PDF> Acesso em: 26 jun. 2018.

WAGNER, B. **Preferências dos consumidores de carne bovina: uma abordagem referente às cidades de Florianópolis – SC e Botucatu – SP**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/133003>> Acesso em: 12/01/2016.

ZIMBRES, T. M. (2006). **Estudo sobre a demanda por qualidade dos importadores de carne bovina do Brasil**. Piracicaba 2006. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/ThaisZimbres.pdf>> Acesso em: 04/08/2016.

IMPACTO DOS CUSTOS DE TRANSAÇÃO NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA NAVAL: ESTUDO DE CASO EM UM ESTALEIRO CEARENSE

Carlos David Pedrosa Pinheiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Ceará
Fortaleza – Ceará

Priscila Maria Barbosa Gadelha

Universidade Estadual do Maranhão
São Luís – Maranhão

Maxweel Veras Rodrigues

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará

RESUMO: Uma eficiente Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS) depende do grau de cooperação entre os elos que compõem a cadeia. Deste modo, a Economia dos Custos de Transação (ECT) oferece um importante apoio para a análise dos custos incorridos devido a problemas de coordenação entre os agentes e direciona ações visando minimizá-los. O objetivo do estudo é identificar o impacto dos custos de transação impacto dos custos de transação, suas fontes e ações mitigadoras na cadeia de suprimentos naval decorrentes do relacionamento entre um estaleiro e suas subcontratadas. A metodologia utilizada é exploratória e descritiva, qualitativa e quantitativa. Tendo por base as categorias analíticas definidas pela ECT, foi possível desenvolver constructos que possibilitaram a visualização dos pontos nodais entre a

ECT e a GCS. Assim, a pesquisa avaliou a importância e a situação atual das categorias analíticas e identificou as causas e ações mitigadoras dos custos de transação que ocorrem no relacionamento entre tais agentes. O estudo concluiu que a melhoria institucional transpassa por um aprimoramento contratual e que são inescusáveis o aumento da troca de informações, o planejamento da cadeia, o investimento no capital humano e a gestão de relacionamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão da Cadeia de Suprimentos; Economia dos Custos de Transação; Indústria Naval.

ABSTRACT: An Efficient Supply Chain Management (SCM) depends on the degree of cooperation between the links that make up the chain. In this way, Transaction Cost Economics (TCE) provides important support for the analysis of costs incurred due to problems of coordination between agents and directs actions to minimize them. The objective of this study is to identify the impact of transaction costs impact of transaction costs, their sources and mitigating actions in the naval supply chain arising from the relationship between a shipyard and its subcontractors.. The methodology used is exploratory and descriptive, qualitative and quantitative. Based on the analytical categories defined by TCE, it was possible to develop

constructs that enabled the visualization of nodal points between TCE and SCM. Thus, the research evaluated the importance and the current situation of the analytical categories and identified the causes and mitigating actions of transaction costs that occur in the relationship between such agents. The study concluded that institutional improvement is undergoing a contractual improvement and that the increase in information exchange, chain planning, investment in human capital and relationship management are inexcusable.

KEYWORDS: Supply Chain Management; Transaction Cost Economics; Naval Industry

1 | INTRODUÇÃO

O progresso, com sua necessidade de organização das decisões, em uma situação de transformação acelerada e conflitos latentes, coloca o problema da coordenação em lugar de destaque nas mais recentes pesquisas realizadas na seara acadêmica.

Assim, a economia dos custos de transação (ECT) adota uma abordagem micro-analítica no estudo da coordenação econômica entre agentes. Williamson (2012) compara os custos de transação nas organizações à fricção nos sistemas mecânicos. As partes de troca operam harmoniosamente, ou há desentendimentos frequentes e conflitos que levam a atrasos, quebras ou defeitos? Williamson (2012) prossegue afirmando que a análise dos custos de transação destaca a importância do exame dos custos comparativos de planejamento, adaptação e monitoramento das tarefas sob estruturas alternativas de governança.

Estruturas de governança, de acordo com Fiani (2016) são os diferentes arranjos institucionais que regulam o funcionamento do sistema econômico. Seu estudo deve identificar quais são os arcabouços institucionais mais adequados para cada tipo de transação dentro dos diferentes tipos de organização.

Deste modo, Lietke e Boslau (2015) afirmam que a utilização do mercado para transações econômicas sempre implica custos. Devido a tais gastos, produzir pode ser mais eficiente do que recorrer ao mercado em si. Quando os custos de transação se situam entre esses dois extremos, as formas de governança híbrida, arcabouços institucionais que se situam entre a governança de mercado e a governança hierárquica (produzir por conta própria), são procuradas como solução.

Alianças estratégicas e franquias, bem como outras redes, podem ser consideradas estruturas de governança híbridas. Lietke e Boslau (2015) ainda salientam que, com esse entendimento, a cooperação entre firmas na forma de Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS), também pode ser classificada como uma forma híbrida de governança e que comportaria, nas relações entre cada elo da cadeia, outras formas de arranjos institucionais.

A ideia de utilizar os conhecimentos sobre ECT dentro do conceito de GCS,

com vistas ao melhor gerenciamento dos recursos dentro e fora das organizações é aplicada ao objeto de estudo deste trabalho: o setor Industrial de Construção Naval.

Jesus (2016) afirma que a carteira de encomenda dos estaleiros internacionais coloca o Brasil entre os dez maiores construtores mundiais de navios e plataformas. A maior parte dos investimentos realizados na construção naval se destina à região Nordeste devido à disponibilidade de mão de obra barata e aos atrativos fiscais oferecidos pelos Estados da região.

Com base no exposto, define-se o problema do presente estudo: como definir qual o impacto dos custos de transação presentes no relacionamento entre um estaleiro e suas subcontratadas?

O objetivo desta pesquisa é portanto identificar o impacto dos custos de transação, suas fontes e ações mitigadoras na cadeia de suprimentos naval decorrentes do relacionamento entre um estaleiro e suas subcontratadas.

O presente artigo está estruturado da seguinte forma: além desta introdução, a seção 2 contextualiza a economia dos custos de transação, a gestão da cadeia de suprimentos e como se dá o relacionamento teórico entre as duas áreas; a seção 3 aborda os aspectos metodológicos da pesquisa, a seção 4 apresenta a aplicação do método proposto e, finalmente, é apresentada a conclusão da pesquisa.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Economia dos Custos de Transação

O conceito de transação é exposto por Williamson (1996) como sendo a passagem de um ativo através de uma interface tecnológica que separa duas atividades econômicas distintas. Custos de transação seriam, pois, os custos de fazer tal intercâmbio.

A economia dos custos de transação (ECT), salienta Williamson (2012), caracteriza a natureza humana na forma como é conhecida pela referência à racionalidade limitada e ao oportunismo. Este pode ser sutilmente substituído pelo almejo ao auto-interesse, aquela reconhece limites da competência cognitiva.

Além da racionalidade limitada e do oportunismo, a ECT também reconhece atributos de importância econômica imperantes na transações econômicas: a especificidade de ativos, a incerteza e a frequência, assevera Williamson (2012).

A especificidade dos ativos parte do pressuposto que as partes da transação têm escolha entre investimentos de propósito especial ou geral.

Williamson (2012) coloca seis tipos de especificidade de ativos:

- a. especificidade de local: é explicada por uma condição de imobilidade do ativo, tal condição implica que os custos de instalação e realocação são grandes;

- b. especificidade de ativos físicos: surge quando uma organização exige um determinado padrão de ativos físicos de seus fornecedores ou do estágio tecnológico anterior;
- c. especificidade de capital humano: aparece quando qualquer condição que gere níveis elevados de especificidade de capital humano – a necessidade de aprender fazendo ou problemas crônicos de alteração de capital humano decorrente da configuração de equipes- favorece uma relação de emprego alternativa à contratação autônoma;
- d. especificidade de ativos dedicados: envolve a utilização de um determinado ativo específico para o atendimento de um determinado comprador;
- e. especificidade de ativos temporal: presente quando existe condição que implique necessidade de consumo ou produção em um período de tempo pré-determinado;
- f. especificidade de Marca: relaciona-se à construção de um nome, uma marca, em um determinado mercado.

A especificidade de ativos é a grande locomotiva à qual a ECT deve muito de seu conteúdo preditivo, afirma Williamson (2012), entretanto tal importância só se dá em conjunto com a racionalidade limitada e o oportunismo, ambos na presença de incerteza.

Corroborando esta assertiva, Fiani (2016) coloca que a existência de incerteza dificulta definir e distinguir as probabilidades associadas aos diferentes estados da natureza que podem afetar a transação.

Williamson (2012) distingue três categorias de incerteza:

- a. incerteza primária: Advém de atos aleatórios da natureza e mudanças imprevisíveis nas preferências de um determinado mercado consumidor;
- b. incerteza secundária: Surge da falta de comunicação entre os agentes, entretanto é um tipo inocente ou não estratégico. Não existe a possibilidade de que as partes façam planos estratégicos em relação à outra;
- c. incerteza conductista: Se relaciona com atitudes oportunistas sendo do tipo estratégica e decorre da falta de informação acerca do comportamento da outra parte da transação, a qual determinada organização transaciona com certa frequência.

Lietke e Boslau (2015) afirmam que a frequência, por sua vez, descreve quantas vezes e quanto regularmente certo tipo de operação é repetida. Ainda na mesma linha, salientam que a análise de tal atributo pode evidenciar a existência de transações de caráter puramente comercial ou bem mais integrado.

Se as transações normais são repetidas com frequência, Hobbs (2016) acredita que ambas as partes têm incentivo para evitar um comportamento oportunista em um

cenário futuro. Além disso, transações repetidas são um meio para reunir informações sobre a outra parte, gerando assim menor grau de assimetria de informação e, por conseguinte, menores custos de transação.

2.2 Gestão da Cadeia de Suprimentos

Em essência, coloca Garfamy (2015), a cadeia de fornecimento, nos dias atuais, é um acordo através do qual empresas distintas, partes administrativamente autônomas, formam laços sociais e aceitam, conjuntamente, a apropriação das políticas operacionais.

Dentro da mesma linha de pensamento, Lietke e Boslau (2015) afirmam que o grau de implantação da GCS depende dos níveis de cooperação entre os agentes e coloca que a ECT oferece um alicerce fundamental para analisar os custos incorridos devido a certas escolhas das estruturas de governança e permite direcionar ações para reduzi-los.

2.3 As dimensões da ECT no Contexto da GCS

Lietke e Boslau (2015) asseguram que diferentes graus de implantação da GCS produzem diferentes níveis de especificidade de ativos, incerteza e frequência, além de diferenciarem os impactos do oportunismo e da racionalidade limitada.

Do ponto de vista de Gestão da Cadeia de Suprimentos, Furlanetto (2002) estabeleceu um *framework* onde concatenou uma série de características que seriam ideais para a estrutura de coordenação de uma cadeia de suprimentos.

A partir das características levantadas por Furlanetto (2002), pode-se criar um constructo onde é possível observar os pontos de relação entre os aspectos ideais para uma estrutura de coordenação de uma cadeia de suprimentos e as especificidades que serão analisadas. A figura 1 apresenta tal constructo:

ASPECTOS DE COORDENAÇÃO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS	CARACTERÍSTICAS IDEAIS
Identificação dos Agentes	Agentes identificados e com preferências nas transações
Ações Conjuntas	Ações conjuntas em nível estratégico
Visão de Longo Prazo	Contratos de longo prazo, renegociáveis e flexíveis
Informações	Troca sistemática de informações entre os agentes
Padronização da Cadeia	As ações ao longo da cadeia seguem uma padronização
Coordenador da Cadeia	Existência de um coordenador para a cadeia
Gestão de Conflitos	Conflitos negociados entre as partes
Estratégia Global	Existência de uma estratégia global para a cadeia
Marca	Existência de uma marca para a cadeia
Divisão de Recompensas	Recompensas decorrentes de esforços cooperativos repassadas a todos os segmentos

Figura 1 – Constructo de Relações entre Gestão da Cadeia de Suprimentos e as Características Ideais de Coordenação

Fonte: Autores (2018)

Além dos aspectos de coordenação, a especificidade de ativos, a incerteza, a frequência, o oportunismo e a racionalidade limitada, colocam Srinivasan e Mukherjee (2011), precisam estar bem delimitados no contexto da GCS. A partir dos pressupostos colocados por Srinivasan e Mukherjee (2011), é possível estabelecer um constructo no qual observam-se os pontos nodais entre os atributos da ECT e da GCS. A figura 2 apresenta o referido constructo:

CATEGORIAS ANALÍTICAS DA ECT	ASPECTOS RELACIONADOS À GCS	QUESTIONAMENTOS
Oportunismo	Conflitos	Há Conflito com os parceiros?
	Gestão de Conflitos	Por quais razões os conflitos ocorrem? Como os conflitos são resolvidos?
Racionalidade Limitada	Compartilhamento de Informações	Existem ações para ampliar o compartilhamento de informações?
	Percalços na Disseminação de Informações	Quais as dificuldades encontradas no processo de compartilhamento de informações?
CATEGORIAS ANALÍTICAS DA ECT	ASPECTOS RELACIONADOS À GCS	QUESTIONAMENTOS
Incerteza Secundária	Definição coletiva de estratégias	Existe a intenção de ampliar o processo de definição de estratégias para uma abordagem mais coletiva?
	Percalços na implementação de estratégia coletivas	Quais as dificuldades são verificadas no processo de implementação de estratégias coletivas?
Incerteza Primária	Nível de informação acerca do ambiente institucional	Existem ações de adequação ao ambiente institucional?
	Adequação às variações na demanda e legislação	Existem ações de adequação às mudanças exigidas pelos clientes?
Incerteza Conductista	Parcerias de longo prazo	Há parcerias de longo prazo?
	Percalços no processo de estabelecimento de parcerias de longo prazo	Quais as dificuldades verificadas no processo de estabelecimento de parcerias de longo prazo?
Especificidade de Ativos – Lugar	Necessidade de prestação de serviço em determinado lugar	A empresa prioriza a realização de serviço em local específico?
Especificidade de Ativos – Física	Patamar de Qualidade pré-fixado	Existem ações que visam alcançar a um determinado padrão de qualidade?
Especificidade de Ativos – Capital Humano	Busca em melhorar o nível de conhecimento dos Parceiros	Existem ações visando melhorar o conhecimento técnico dos parceiros?

Especificidade de Ativos – Ativos Dedicados	Exigência de utilização de determinado ativo	A empresa exige a utilização de algum ativo físico específico?
Especificidade de Ativos – Marca	Relevância da marca para o estabelecimento da transação	Existe alguma marca que identifique o parceiro? Qual a importância dessa?
Especificidade de Ativos – Tempo	Determinação de prazos de entrega/ execução	Existe pressão temporal?
Frequência	Nº de Transações com o parceiro	Com que frequência ocorrem as transações com os parceiros?
	% de demandas do parceiro dentro da empresa	Qual percentual do total produzido foi transacionado com o parceiro?
	Ações que buscam aumentar a frequência das transações	Existem ações para incentivar o aumento do número de transações com o parceiro?

Figura 2 – Constructo de Relações entre Gestão da Cadeia de Suprimentos e Atributos de Importância Econômica e Pressupostos Comportamentais de ECT

Fonte: Autores (2018)

O processo utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho foi o de construir constructos que possibilitassem a visualização do relacionamento existente entre as práticas adotadas na Gestão da Cadeia de Suprimentos e os princípios da Economia dos Custos de Transação. A lógica desta pesquisa parte da ideia de que as categorias analíticas, indicadas pela teoria como os elementos potencialmente causadores dos custos de transação, incidem em cadeias de suprimento.

3 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada na pesquisa tem caráter exploratório e descritivo, tendo em vista a mescla de exploração e descrição dos fenômenos de governança que regem as relações entre uma empresa focal da cadeia de suprimentos da indústria naval do Ceará e suas subcontratadas da área metalúrgica.

De acordo com sua natureza, a pesquisa é aplicada com abordagem qualitativa e quantitativa e quanto ao meio, a pesquisa enquadra-se como estudo de caso.

Finalmente, os procedimentos técnicos utilizados foram: observação, análise documental, entrevistas padronizadas e pesquisa bibliográfica.

Quanto ao método utilizado, o mesmo se desenvolveu nas seguintes etapas:

- a. Caracterização da empresa focal e da sua cadeia de suprimentos;
- b. Realização do Planejamento do caso;
- c. Realização da coleta de dados;
- d. Análise geral dos dados.

4 | APLICAÇÃO DO MÉTODO

4.1 Caracterização da Empresa Focal e da Cadeia de Suprimentos

Através de observação e análise documental pode-se inferir que a empresa em estudo situa-se em Fortaleza e atua na fabricação de embarcações de lazer, de serviços, comerciais e militares, das quais, se destacam os iates, navios patrulhas da marinha e offshore.

Os componentes e as peças que constituem a estrutura das embarcações são fabricados por terceiros a partir da matéria-prima adquirida em unidades inteiras, como por exemplo, as chapas de alumínio, que, a partir das quais, as peças são cortadas, algumas polidas, pintadas e montadas na embarcação.

A cadeia de suprimentos do estaleiro possui estrutura horizontal longa e estrutura vertical bastante pulverizada, pois há um grande número de agentes em cada segmento a montante, sobretudo no grupo de fornecedores de insumos básicos e navipeças, além de grande disponibilidade de fornecedores de mão de obra terceirizada. Entretanto, à jusante, proprietários de navios e armadores (clientes do estaleiro), apresentam maior poder de barganha, gerando assim uma significativa pressão competitiva no estaleiro e causando impactos negativos sobre o lucro da empresa focal.

O estaleiro, mesmo atuando em um mercado de incertezas, comportamentos oportunistas e formado por um grande número de fornecedores, tem tentando estabelecer um padrão de relacionamento com seus parceiros que busque relações de maior prazo, principalmente no tocante às empresas de mão-de-obra subcontratada.

A quase totalidade da mão-de-obra utilizada na construção das embarcações do estaleiro é terceirizada. Sendo assim, as empresas subcontratadas são agentes que possuem grande influência nos resultados obtidos pela empresa focal.

As subcontratadas do estaleiro estão divididas em seis grandes áreas: metalurgia, elétrica, hidráulica, pintura, projetos e marcenaria. Destas, a área de metalurgia é responsável, em média, por cerca de 53% do total de horas utilizadas na construção de uma embarcação. Portanto, as subcontratadas da área de metalurgia são aquelas que se encontram em maior número no estaleiro, apresentam uma maior frequência de transações com a empresa focal, acarretam a maior parte dos custos de produção e possuem maior destaque no tocante às ações de coordenação desenvolvidas pela empresa focal.

Segundo depreendeu-se da análise documental que as estruturas de governança que abarcam as transações entre a empresa focal e as subcontratadas da área de metalurgia são consideradas estruturas de governança híbridas, contratos delimitados nos quais sua duração se dá apenas no período da construção de uma determinada embarcação.

4.2 Realização do Planejamento do Caso

Para a elaboração do protocolo de entrevistas e definição do esquema de pesquisa, foram analisados aqueles pontos que mais contribuem para a criação de custos de transação dentro da gestão da cadeia de suprimentos da indústria naval.

Foram utilizados dois instrumentos para a realização da pesquisa: a entrevista com os principais agentes responsáveis pelas transações, tanto da empresa focal, como dos fornecedores escolhidos, e a observação que, invariavelmente, acrescentou alguns elementos relevantes para o caso.

As entrevistas foram estruturadas buscando analisar, no tocante aos aspectos referentes à coordenação, a cadeia de suprimentos do estaleiro em questão. Para tal, foram utilizados os pressupostos teóricos colocados por Furlanetto (2002) na Figura 1.

Para analisar a importância e a situação atual das categorias analíticas que fazem parte da ECT para a Gestão da Cadeia de Suprimentos da empresa focal, foram utilizadas escalas de Likert polarizadas em cinco categorias com duas legendas, conforme apresentado na figura 3.

GRAU DE IMPORTÂNCIA				
1- Sem Importância	2- Pouco Importante	3- Importante	4- Muito Importante	5- Extremamente Importante

NÍVEL DE SATISFAÇÃO DA CATEGORIA ANALÍTICA				
1- Muito Insatisfeito	2- Insatisfeito	3- Nem Satisfeito Nem Insatisfeito	4- Satisfeito	5- Extremamente Satisfeito

Figura 3 – Escalas de Likert

Fonte: Autores (2018)

Visando uma melhor categorização, neste trabalho são consideradas com tendência a “importantes” as médias superiores ou iguais a 3 e “não importantes” as médias abaixo de 3. Da mesma forma, são consideradas com tendência a “satisfatório” as médias acima de 3 e aquelas abaixo de 3 tendem a “não satisfatório”.

As entrevistas também buscaram identificar as principais causas e ações mitigadoras dos custos de transação que ocorrem no relacionamento entre o estaleiro em questão e as subcontratadas da área de metalurgia. Para tal finalidade, foi utilizado o constructo teórico presente na Figura 2.

Para a realização das entrevistas, no tocante à empresa focal, o agente escolhido foi a superintendente da organização, quantos aos terceirizados, a escolha das agentes se deu em termos de sua importância econômica e estratégica, bem como pelo caráter da relação contratual entre as partes, sendo escolhidos aqueles, dentro da cadeia de suprimentos da indústria naval, que têm maior impacto sobre a entrega do produto

final e relacionamento mais frequente com a empresa focal.

Desta forma, foram escolhidas as empresas do setor de metalurgia que são terceirizadas da empresa focal. As empresas “estruturais” assim denominadas são responsáveis por cerca de 15% dos custos de construção das embarcações além de comportarem estruturas híbridas de governança passíveis a análise dos custos de transação.

4.3 Coleta de Dados

A coleta de dados foi feita em duas grandes partes: na primeira, foram coletados os aspectos referentes ao comparativo, no tocante à coordenação das ações, entre a gestão da cadeia de suprimentos da empresa focal e os aspectos ideais, definidos pela literatura estudada.

Foram coletados então, de acordo com os dados apresentados nas escalas de Likert, o nível de importância e o nível de satisfação atual das categorias analíticas que fazem parte da ECT para a Gestão da Cadeia de Suprimentos tanto da empresa focal como de suas subcontratadas do ramo de metalurgia, em seguida, identificadas as principais causas e ações mitigadoras dos custos de transação que ocorrem no relacionamento entre esses agentes.

4.4 Análise Geral dos Dados

O nível de análise dos aspectos referentes à coordenação, efetuada pelo estaleiro, na gestão de sua cadeia de suprimentos está atrelado às ações que se estabelecem entre a empresa focal e seus fornecedores a montante e seus clientes diretos a jusante.

A entrevista teve como base os aspectos ideais de coordenação na gestão de cadeia de suprimentos definidos na literatura em questão por Furlanetto (2002) e se encontram presentes no constructo apresentado na figura 1 deste trabalho.

A figura 4 apresenta as características da coordenação na GCS do estaleiro estudado.

ASPECTOS DE COORDENAÇÃO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS	CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS
Identificação dos Agentes	Apenas alguns agentes são identificados e possuem preferências nas transações
Ações Conjuntas	Não há ações conjuntas em nível estratégico, apenas em nível tático e operacional
Visão de Longo Prazo	Apesar das tentativas de estabelecer relações de longo prazo, devido a situação do mercado, os contratos são de curto prazo, renegociáveis e flexíveis
Informações	Troca sistemática de informações entre os agentes
Padronização da Cadeia	Não há
Coordenador da Cadeia	Não há

Gestão de Conflitos	Ocorre de forma parcial com determinados agentes, porém, na maioria dos casos, os conflitos são resolvidos de forma unilateral ou por vias judiciais
Estratégia Global	Não há
Marca	Não há esforços no sentido de produzir uma marca para a cadeia
Divisão de Recompensas	Não há

Figura 4 – Características de Gestão Ideais e Características Apresentadas pelo Estaleiro

Fonte: Autores (2018)

Observa-se, então, pelos resultados da entrevista, que, das dez características tidas como ideais, apenas a troca de sistemática de informações entre os agentes ocorre nos parâmetros satisfatórios da GCS, tendo em vista que ocorrem tanto de jusante para montante quanto no sentido inverso. Havendo prejuízos mais severos no tocante à não existência de ações conjuntas, à falta de padronização e de coordenação da cadeia e à ausência de uma estratégia global para os *players*.

Quanto ao nível de importância e ao nível de satisfação dos agentes em relação às categorias analíticas da ECT os resultados obtidos podem ser observados na figura 5.

CATEGORIAS ANALÍTICAS DA ECT	ASPECTOS DA GCS	ESTALEIRO		SUBCONTRATADAS (médias das seis empresas subcontratadas)	
		Grau de Importância	Nível de Satisfação	Grau de Importância	Nível de Satisfação
Oportunismo	Conflitos	5	1	4,5	1,3
Racionalidade	Troca de Informações	4	2	4,3	2,0
Incerteza Secundária	Estratégias Coletivas	2	3	3,7	3,2
Incerteza Primária	Legislação	3	2	2,5	3,2
	Hábitos dos Consumidores	5	1	3,7	1,8
Incerteza Conductista	Relações de Longo Prazo	3	4	3,8	3,2
Especificidade de Ativos – Lugar	Locacional	4	4	4,5	3,3
Especificidade de Ativos – Física	Patamar de Qualidade	5	2	3,0	3,2
Especificidade de Ativos – Capital Humano	Nível de Conhecimento do Parceiro	3	3	3,5	2,0
Especificidade de Ativos – Ativos Dedicados	Exigência de Determinado Ativo	4	3	3,0	3,0

CATEGORIAS ANALÍTICAS DA ECT	ASPECTOS DA GCS	ESTALEIRO		SUBCONTRATADAS (médias das seis empresas subcontratadas)	
		Importância	Satisfação	Importância	Satisfação
Especificidade de Ativos – Marca	Relevância de Marca	1	4	2,3	2,0
Especificidade de Ativos – Tempo	Prazos	5	1	4,5	1,3
Frequência	Recorrência das Transações	4	4	4,8	1,3

Figura 5 – Avaliação do Nível de Importância e da Satisfação, relacionadas as Categorias Analíticas da ECT, para a Gestão da Cadeia de Suprimentos do Estaleiro na Visão da Empresa Focal e das Subcontratadas.

Fonte: Autores (2018)

Depreende-se, logo, que as categorias analíticas de maior insatisfação e maior importância, tanto para o estaleiro quanto para as subcontratadas, são aquelas que mais oneram as transações entre as partes. Desta forma, as causas dos fenômenos relacionadas a tais categorias, são as que têm maior impacto sobre a coordenação da gestão da cadeia de suprimentos da empresa focal.

Quanto ao nível de importância e à situação atual das categorias analíticas para o estaleiro, as escalas Likert evidenciam que questões relacionadas ao oportunismo, à incerteza primária, à especificidade de ativos física e à especificidade de ativos temporal são consideradas extremamente importantes. Ao passo que, para a superintendente do estaleiro, todos esses aspectos são fonte de grande insatisfação.

Na visão das subcontratadas da área metalúrgica, as escalas mostram que o oportunismo, a racionalidade, a especificidade de ativos locacional, a especificidade de ativos temporal e a frequência são as categorias analíticas de maior importância. Quanto ao grau de satisfação, as subcontratadas apresentam maior grau de insatisfação no tocante aos conflitos, aos prazos e à recorrência das transações.

Através das entrevistas realizadas com a empresa focal e com as subcontratadas da área de metalurgia, foi possível determinar as fontes dos custos de transação nas relações entre os agentes analisados, bem como suas causas. Além disso, foram definidas ações mitigadoras dos custos apresentados. A figura 6 concatena os resultados obtidos.

CATEGORIA ANALÍTICA	ASPECTO DA GCS	INDICATIVO DO CUSTO	CAUSA DO FENÔMENO	AÇÃO MITIGADORA
Oportunismo	Conflitos	Conflitos pós-transação.	Má qualidade dos serviços prestados; Atrasos nas entregas; Irregularidades no pagamento das subcontratadas; Resolução unilateral de conflitos; Falta de clareza dos contratos	Aumento da troca de informações; Maior controle da produção; Contratos melhor elaborados
Racionalidade	Disseminação de Informações	Erros na construção das embarcações; Atrasos nos serviços, Grande quantidade de retrabalho.	Desconhecimento dos Projetos; Falta de comunicação com os gerentes; Problemas no compartilhamento de informações.	Maior participação das subcontratadas em reuniões com as gerências; Centralizar informações nos gerentes; Maior disponibilidade de diálogo entre as partes.
Incerteza Secundária	Estratégias Coletivas	Ausência de Estratégias Coletivas	Poder de barganha dos Armadores; Carência na definição de estratégias do estaleiro	Estaleiro deve ampliar o seu processo de definição de estratégias.
Incerteza Primária	Legislação	Acidentes de trabalho; Trabalho em feriados	Desinteresse das subcontratadas em conhecer a legislação; Pressão temporal por parte do estaleiro; Baixa Qualificação dos funcionários	Ampliar o compartilhamento de informações e fiscalização; Aplicação de sanções administrativas.
	Hábitos dos Consumidores	Elevado número de retrabalhos; Quebras de contrato; Atrasos no cronograma	Incertezas do mercado; Poder de barganha dos clientes; Falta de participação das subcontratadas nos processos que demandam alterações nas embarcações	Aumento no compartilhamento de informações; Maior número de reuniões para analisar possíveis pontos de mudança nos projetos

CATEGORIA ANALÍTICA	ASPECTO DA GCS	INDICATIVO DO CUSTO	CAUSA DO FENÔMENO	AÇÃO MITIGADORA
Incerteza Conductista	Relações de Longo Prazo	Terceirizadas abandonam o estaleiro	Curto período dos contratos	Definição de parcerias futuras e de auxílios financeiros
Especificidade de Ativos - Lugar	Locacional	Necessidade de Prestação do Serviço na área do Estaleiro	Problemas Logísticos	Não há
Especificidade de Ativos - Física	Patamar de Qualidade	Conflitos pós-transação	Falta de conhecimento técnico por parte de algumas subcontratadas; Elevado padrão de qualidade; precárias condições de trabalho e equipamentos	Maior acompanhamento da produção e incentivos à capacitação dos funcionários das terceirizadas
Especificidade de Ativos – Capital Humano	Nível de conhecimento do parceiro	Altos índices de retrabalho; Erros na construção das embarcações; Baixa disponibilidade de terceirizados para demandas específicas	Baixa capacitação dos funcionários	Incentivos à formação educacional e profissional
Especificidade de Ativos – Ativos Dedicados	Exigência de determinado Ativo	Escolha do material e equipamentos para solda	Nível de exigência do armador	Não há
Especificidade de Ativos - Marca	Relevância da Marca	Preferência por determinadas subcontratadas por parte do estaleiro	Tipo de serviço a ser executado, experiência, conhecimento e reputação de determinada subcontratada	Não há
Especificidade Ativos - Tempo	Prazos	Forte pressão temporal; Conflitos pós-transação decorrentes no atraso de entregas.	Imposição de prazos por parte dos clientes; Aumento dos custos de produção com o aumento do período de construção	Sanções ou bonificações pelo cumprimento dos prazos
Frequência	Recorrência nas Transações	Evasão das subcontratadas	Flutuações na demanda do estaleiro	Fidelização das subcontratadas com contratos de maior duração

Figura 6 - Principais Causas e Ações Mitigadoras dos Custos de Transação

Fonte: Autores(2018)

Portanto, através da análise das entrevistas, pode-se observar também que,

dentre as principais causas dos custos de transação no relacionamento entre o estaleiro e as subcontratadas estão: atraso e irregularidade dos pagamentos realizados pela empresa focal, falta de clareza dos contratos, questões relacionadas à qualidade dos serviços prestados, ausência de definição de estratégias coletivas, baixo conhecimento do ambiente institucional, incertezas do mercado, contratos de curto prazo, baixo nível de conhecimento do parceiro, forte pressão temporal por parte do armador e baixa frequência nas transações. Tais causas são, portanto, as geradoras dos custos de transação que mais impactam fortemente o processo de coordenação na gestão da cadeia de suprimentos do estaleiro.

As evidências de tal impacto podem ser observadas na baixa quantidade de aspectos (um aspecto do total de dez) considerados ideias pela literatura de gestão que estão presentes na gestão da cadeia de suprimentos da empresa focal.

Para minimizar tais custos e diminuir os impactos dos custos e transação na cadeia, a análise das entrevistas permite inferir que estão sendo tomadas as seguintes iniciativas: aumento da troca de informações com o parceiro, aumento do acompanhamento da produção, aumento da fiscalização quanto a aspectos de segurança do trabalho, aplicação de sanções e incentivos por parte do estaleiro, estabelecimento de parcerias futuras para auxílio financeiro às subcontratadas, incentivo à capacitação dos funcionários das terceirizadas e a busca pela fidelização.

5 | CONCLUSÃO

Através da utilização do método adotado, considera-se, portanto, o objetivo do presente trabalho alcançado quando são colocadas as categorias analíticas de maior insatisfação e importância, tanto para o estaleiro quanto para as subcontratadas. Desta forma, as causas dos fenômenos relacionadas a tais categorias, são as que têm maior impacto sobre a coordenação da gestão da cadeia de suprimentos da empresa focal.

Portanto, os conflitos pós-transação, os erros na construção das embarcações, os atrasos na montagem dos cascos, a grande quantidade de retrabalhos, as quebras de contrato, a forte pressão temporal e a baixa disponibilidade de mão-de-obra são indicativos do impacto dos custos de transação nos seguintes processos de coordenação das ações na gestão da cadeia de suprimentos da empresa focal, respectivamente: gestão de conflitos, compartilhamento das informações, hábitos dos consumidores, patamar de qualidade para a cadeia, prazos da cadeia e recorrência das transações.

É possível concluir acerca da importância da qualidade das informações que são trocadas na cadeia de suprimentos. A literatura de gestão coloca como ideal que o fluxo de informações ocorra tanto de montante para jusante quanto no sentido inverso. A presente pesquisa mostrou que tal atributo, por si só, não garante a eficiência do processo de coordenação na cadeia. Uma vez que o mesmo se faz presente no caso estudado e, mesmo assim, a questão da informação ainda é uma forte causadora de

custos de transação.

Contratos mais claros, onde estejam contidas as prescrições que especificam quais ações ou resultados são obrigatórios, proibidos ou permitidos e as sanções autorizadas se as regras não forem cumpridas, são fundamentais para a atenuação, principalmente, dos conflitos pós-transação e diminuem os efeitos de todas as categorias analíticas apresentadas no estudo.

Além das melhorias institucionais, são inescusáveis também o aumento da troca de informações, a definição de um planejamento para a cadeia, o investimento no capital humano dos agentes e a gestão de relacionamentos de longo prazo com as subcontratadas da área metalúrgica.

Deste modo, os elementos de importância econômica para a ECT são tomados em conjunto com as dimensões de coordenação na GCS, o que proporcionará o aumento dos níveis globais de eficiência.

REFERÊNCIAS

FIANI, Ronaldo. **Cooperação e Conflito**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

FURLANETTO, Egidio Luís. **Formação das Estruturas de Coordenação nas Cadeias de Suprimentos: Estudos de Caso em Cinco Empresas Gaúchas**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 291 P. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

GARFAMY, Reza Mohammady. Supply Management: A Transaction Cost Economics Framework. **South East European Journal of Economics and Business**, Warsaw, v. 7, n.2, p. 139-147, nov. 2015.

HOBBS, Jill. A Transaction Cost Approach to Supply Chain Management. **Supply Chain Management: An International Journal**. v. 1, n. 2, p. 15-27, fev. 2016.

JESUS, Claudiana Guedes de. Notas Sobre a Desconcentração Regional da Indústria de Construção Naval Brasileira no Princípio do Século XXI. **Revista de Desenvolvimento Econômico**. v.2, n. 34, p. 685-70, ago. 2016

LIETKE, Britta. BOSLAU, Madlen. **Exploring the Transaction Dimensions of Supply Chain Management**. In: Institute for Marketing and Retailing. Goettingen, 2015.

SIMON, Herbert. **Administrative Behavior**. New York: Macmillan, 1961

SRINIVASAN, Mahesh. MUKHERJEE, Debmalya. **Buyer-Supplier Partnership quality and Supply Chain Performance: Moderating Role of Risks, and Environmental Uncertainty**. Glasgow, 2011.

WILLIAMSON, Oliver Eaton. **The Mechanism of Governance**. New York: Oxford University Press. 1996.

WILLIAMSON, Oliver Eaton. **As Instituições Econômicas do Capitalismo**. São Paulo: Pezco Editora, 2012.

AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE NEMATOIDES DE VIDA LIVRE E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO EM CULTIVO DE ADUBOS VERDES

Erinaldo Gomes Pereira

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica
- RJ

Amanda Elisa Marega

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica
- RJ

Nágila Maria Guimarães de Lima Santos

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica
- RJ

Cassia Pereira Coelho Bucher

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica
- RJ

Ricardo Luiz Louro Berbara

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica
- RJ

Luiz Rodrigues Freire

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica
- RJ

geométrico (DMG) de agregados estáveis e a densidade do solo (D_s), em duas camadas do solo, 0-0,1 m e 0,1-0,2 m, bem como sua possível relação em três épocas, maio de 2013 (época 1), abril 2014 (época 2) e abril de 2015 (época 3) em área cultivada inicialmente com adubos verdes e posteriormente com sorgo (*Sorghum vulgare*). Os resultados obtidos indicaram um aumento na população total de nematoides e uma maior média na camada de 0-0,1 m na época 3. No que concerne à densidade do solo, os valores indicaram uma maior média na camada de 0,1-0,2 m. Houve uma diminuição no DMG de agregados estáveis com uma tendência de estabilização dos valores na época 2 e na época 3. Foi registrado uma variação significativa da população total de nematoides e das duas características físicas nas três épocas em estudo. Não houve uma correlação significativa entre a população de nematoides e as características físicas.

PALAVRAS-CHAVE: DMG de agregados estáveis, densidade do solo, organismos do solo

RESUMO: O conhecimento acerca da biota e das características físicas do solo, bem como de sua relação, se faz necessário para a busca de um manejo mais adequado e racional do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar a população dos nematoides de vida livre, o diâmetro médio

ABSTRACT: The knowledge about the biota and the physical characteristics of the soil, as well as its relation, is necessary for the search for a more adequate and rational management of the soil. The objective of this work was to evaluate the population of the free-living nematodes, the

geometric mean diameter (DMG) of stable aggregates and the soil density (Ds) in two layers of soil, 0-0,1 and 0,1-0,2 m, as well as its possible relation in three seasons, May 2013 (season 1), April 2014 (season 2) and April 2015 (season 3) in an area initially cultivated with green manure and later sorghum (*Sorghum vulgare*). The results indicated an increase in the total nematode population and a higher average in the 0-0,1 m layer in season 3. Regarding soil density, the values indicated a higher average in the layer 0,1-0,2 m. There was a decrease in DMG of stable aggregates with a trend of stabilization of the values in season 2 and season 3. A significant variation of the total nematode population and of the two physical characteristics was recorded in the three periods studied. There was no significant correlation between the nematode population and the physical characteristics.

KEYWORDS: DMG of stable aggregates, soil density, soil organisms

1 | INTRODUÇÃO

Devido a respostas rápidas a mudanças do ambiente e do manejo do solo os nematoides possuem grande potencial como indicadores da qualidade do solo (Mondino et al., 2009; Cardoso et al., 2012).

A estrutura das comunidades de nematoides pode ser afetada direta ou indiretamente pelas propriedades do solo (De Goede & Bongers, 1994; Yeates 1999). Mudança nas características físicas de um solo pode então, ocasionar diferentes efeitos sobre estes organismos.

O plantio direto é um sistema que gera como consequência a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo (Wutke, 1993).

Com a adoção do plantio direto é esperada uma melhora nas características físicas do solo e, conseqüentemente, uma mudança na população total de nematoides, uma vez que, características físicas do solo como: textura, umidade e estrutura do solo, são frequentemente relacionadas com a nematofauna (Yeates & Bongers, 1999; Kandji et al., 2001; Gomes et al., 2003).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento da população de nematoides de vida livre e das características físicas em estudo, diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados estáveis e a densidade do solo (Ds), bem como, sua relação, em três épocas: maio de 2013 (época 1), abril de 2014 (época 2) e abril de 2015 (época 3) em uma área cultivada sob o sistema de plantio direto submetida a diferentes tratamentos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e condução dos experimentos

O estudo foi conduzido em uma área experimental pertencente à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, situada no km 47 no município de Seropédica (43°

40°00" e 43° 41' 10" de longitude oeste de Greenwich e os paralelos de 22° 45' 10" de latitude sul), Rio de Janeiro, Brasil. O experimento foi instalado em uma área de 1189 m². O preparo do solo foi realizado nesta área através da aração e gradagem, o que resultou em um revolvimento do solo até uma camada de 0,20 m. O solo desta área, originalmente Argissolo Vermelho Amarelo, foi altamente antropizado, devido ao fato de a mesma ter sido destinada anteriormente a outros tipos de atividades. O experimento foi conduzido em três épocas. Em maio de 2013 (época 1), a área foi dividida de acordo com o delineamento de quadrado latino, sendo implantados seis tratamentos, sendo cinco com espécies de leguminosas - crotalaria (*Crotalaria juncea*), mucuna cinza (*Mucuna cinereum*), guandu (*Cajanus cajan*), lab-lab (*Dolichos lablab*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) - e um com vegetação espontânea, totalizando 36 parcelas de 6 m x 4m cada uma. Nessa ocasião foi realizada uma amostragem do solo para a caracterização inicial da área, originalmente ocupada por vegetação espontânea. Em abril de 2014 (época 2) foi realizada outra coleta de amostras de terra. Posteriormente, por ocasião da floração plena das leguminosas, a parte aérea das plantas foi cortada e depositada sobre o solo e a área submetida a um período de pousio. Após este período, iniciou-se o cultivo de sorgo em toda área. Ao final do ciclo do sorgo, foi repetido o procedimento descrito acima, permanecendo a área em pousio. Em abril de 2015 (época 3), coletaram-se novamente amostras de terra para análises. Os procedimentos adotados estão descritos a seguir:

2.2 Coleta de amostras para análises físicas:

Para análises físicas foram coletadas amostras de terra indeformadas com o auxílio do anel volumétrico, com três repetições para cada parcela, tendo sido amostradas 36 parcelas na camada de 0-0,1 m e 20 parcelas na camada de 0,1-0,2 m na época 1. Nas épocas 2 e 3 foram amostradas 36 parcelas nas camadas de 0-0,1 m e 0,1-0,2 m. As características físicas avaliadas foram: densidade do solo (DS) e DMG de agregados estáveis. Para determinação da densidade do solo e do DMG de agregados foram utilizados os métodos descritos em (Embrapa, 1997).

2.3 Coleta de amostras para análise biológica:

Para análise biológica foram coletadas, nas três épocas, em cada parcela, com auxílio de trado cilíndrico, 21 amostras simples de terra para formação de uma amostra composta, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m de profundidade, em todas as 36 parcelas. A extração dos nematoides foi realizada por flotação-centrifugação em solução de sacarose (Jenkins, 1964). Para contagem dos nematoides foi utilizada lupa estereoscópica.

2.4 Análise estatística

Para a avaliação das características físicas do solo e da distribuição da população total de nematoides nas três épocas e nas duas diferentes camadas foi utilizada a

análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey, com auxílio do programa estatístico Assistat. Este teste foi realizado com o intuito de avaliar o comportamento das médias das características físicas e biológicas nas duas diferentes camadas estudadas. Para realização das análises estatísticas os dados foram normalizados através da transformação Box-Cox.

Para a avaliação da relação entre as características físicas do solo e a população de nematoides nas duas camadas, foram utilizados os resultados correspondentes às camadas de 0-0,1 m e 0,1-0,2 m. Foi determinado o grau de correlação linear simples entre os pares de dados obtidos pelo coeficiente de correlação de Pearson a 5 % de probabilidade. Para determinação da correlação foi utilizado o programa Assistat 7.7 beta.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificada uma maior concentração de nematoides na camada de 0,1-0,2 m na época 1 conforme apresentado pela figura 1.

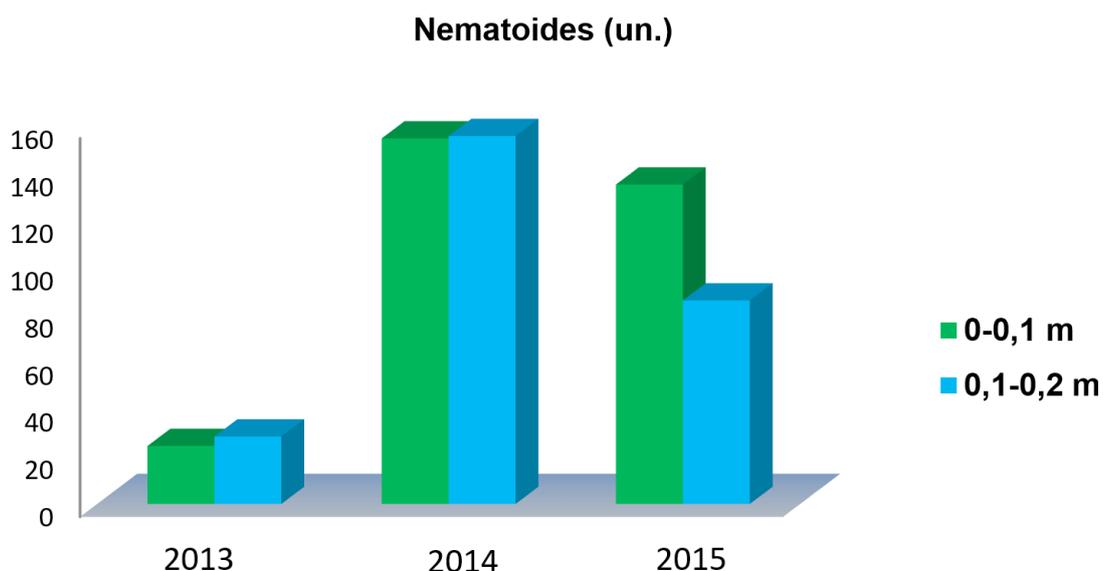


Figura 1. População de nematoides nas épocas 1, 2 e 3 em duas camadas do solo (0-0,1 m e 0,1-0,2 m)

A população desses organismos no solo varia em função do potencial biótico de cada espécie e das condições físicas e bióticas que o ambiente impõe (Yeates & Bongers, 1999). Além disso, as transformações microbianas, bem como suas reações químicas podem ser alteradas sempre que um ecossistema sofre algum tipo de interferência (Castro et al., 1993). Essa maior concentração de nematoides na camada de 0,1-0,2 m, constatada neste trabalho, deve-se possivelmente a maior exposição da camada mais superficial do solo resultando assim na diminuição da população desses organismos

Na época 2 e 3 houve um acréscimo na população de nematoides. Esse

resultado pode ser explicado pelo acréscimo de alimento ao solo após o cultivo dos adubos verdes e do sorgo, uma vez que, após o cultivo dessas culturas todo o material vegetal foi depositado sobre o solo sem a incorporação. Na época 3, foi verificada uma maior concentração desses microrganismos na primeira camada do solo. A não incorporação do material vegetal levou, possivelmente, um aumento da quantidade de alimento disponível na camada de 0-0,1 m resultando assim numa maior concentração dos nematoides nessa camada.

De acordo com a figura 2 o solo apresentou maior valor de DMG de agregados estáveis na época 1. Nas duas épocas subsequentes houve uma diminuição desse valor e uma tendência de estabilização do mesmo.

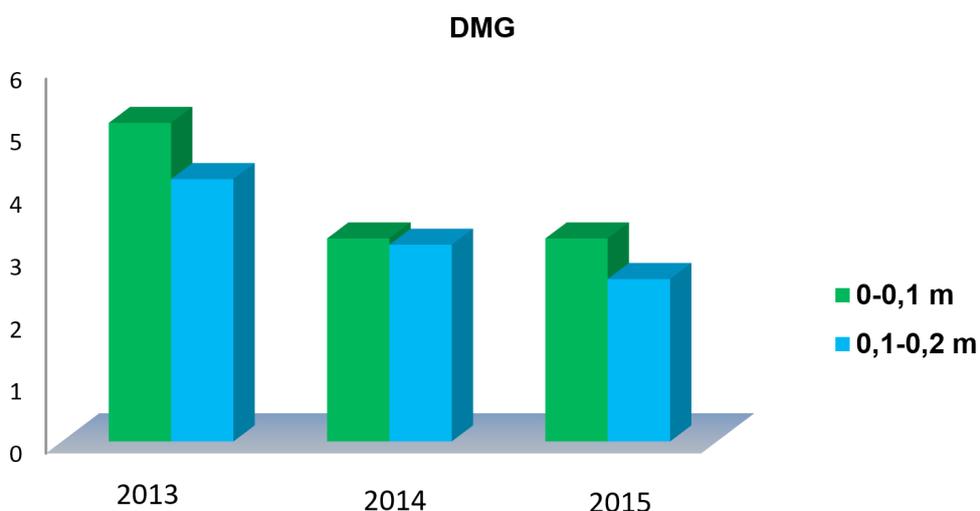


Figura 2. DMG médio de agregados estáveis nas épocas 1, 2 e 3 em duas camadas do solo (0-0,1 m e 0,1-0,2 m).

Esta diminuição do DMG de agregados estáveis pode ser devido à quebra dos agregados maiores proporcionado pelas raízes, uma vez que estas leguminosas cultivadas apresentam um sistema radicular mais agressivo quando comparado ao sistema radicular da vegetação espontânea presente na área no início do experimento. Segundo Silva & Mielniczuk (1997), os diferentes tipos de manejos exercem efeitos na formação e estabilização de agregados de forma diferenciada, dependendo da forma como o solo é preparado e do tipo de cultura.

De acordo com a figura 3 houve uma diminuição da densidade do solo na época 2 nas camadas de 0-0,1 m e 0,1-0,2 m.

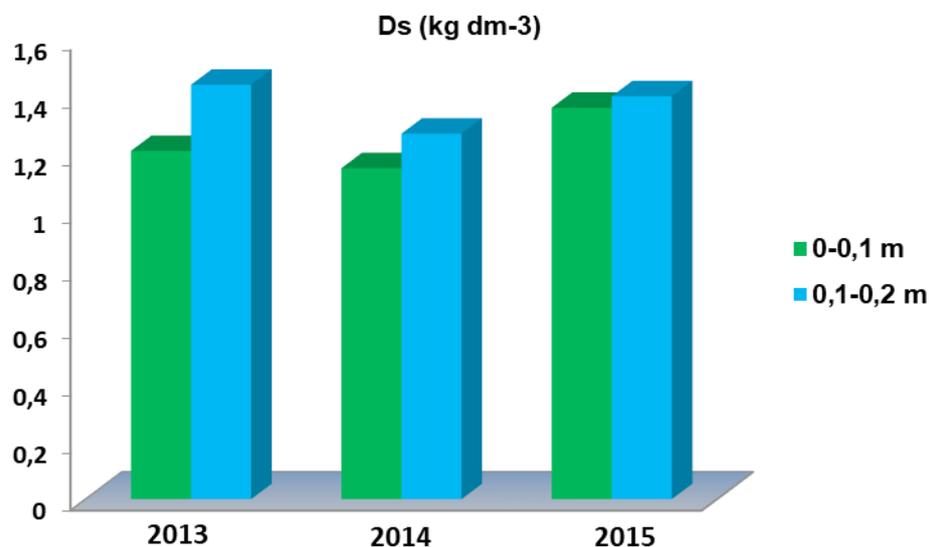


Figura 3. Densidade do solo (Ds) nas épocas 1, 2 e 3 em duas camadas do solo (0-0,1 m e 0,1-0,2 m).

Devido a menor relação massa/volume quando comparado a matriz do solo os resíduos orgânicos quando adicionados ao solo promove a diminuição da Ds (Espíndola et al., 1997). O sistema radicular bem desenvolvido das fabáceas também contribuíram para o rompimento das camadas do solo e conseqüentemente para redução da Ds. Na época 3 houve um aumento da Ds devido, possivelmente, a menor agressividade do sistema radicular do sorgo.

Pelo teste de Tukey, as médias das variáveis estudadas diferiram significativamente ao nível de 1 % de probabilidade nas três épocas e nas duas camadas em estudo, exceto para a Ds na camada de 0,1-0,2 m. O acréscimo dos constituintes orgânicos, proporcionado pelo plantio direto, influenciou certamente na agregação do solo, atuando como agentes ligantes. A Ds foi alterada, possivelmente, pela menor relação massa/volume dos resíduos orgânicos. Devido a adição desses componentes orgânicos ao solo a população total de nematoides foi alterada ao longo das três épocas, uma vez que, houve um aumento no fornecimento de alimento, proporcionando assim, melhores condições para o desenvolvimento desses microrganismos.

Os valores de *r* obtidos na análise de correlação ficaram próximos de zero, indicando a não existência de uma relação estatisticamente significativa entre a população total de nematoides e as características físicas do solo. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de, na época 1, ter ocorrido a dispersão da população de nematoides durante o processo de preparo do solo.

4 | CONCLUSÕES

Sob as condições que os dados foram obtidos, as principais conclusões são:

- 1 - Houve um aumento na população total de nematoides na época 2 e 3 em relação à época 1 devido ao maior fornecimento de alimento para esses microrganismos.

- 2 - Os tratamentos influenciaram a população total de nematoides, o DMG de agregados estáveis e a densidade do solo nas três épocas estudadas.
- 3 - Não foi constatada associação estatisticamente significativa entre a população de nematoides e os atributos físicos em estudo.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração do Laboratorista Anselmo Eulacier Amorim Boechat pela realização das análises físicas e à empresa Agropecuária Burity pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ASSISTAT. Disponível em: <<http://www.assistat.com>>. Professor Doutor Francisco de A. S. e Silva. Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

CARDOSO, M. O.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SILVA, E. F. F.; BARROS, P. A. **Effects of soil mechanical resistance on nematode community structure under conventional sugarcane and remaining of Atlantic Forest**. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.184, p.3529-3544, 2012.

CASTRO, O.M.; PRADO, H.; SEVERO, A.C.R., CARDOSO, E.J.B.N. **Avaliação da atividade de microorganismos do solo em diferentes sistemas de manejo de soja**. *Scientia Agricola*, v. 50, n. 2, p. 212-219, 1993.

DE GOEDE, R. G. M., & BONGERS, T. (1994). **Nematode community structure in relation to soil and vegetation characteristics**. *Applied Soil Ecology*, 1(1), 29–44.

EMBRAPA, CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de. Adubação verde: **Estratégia para uma agricultura sustentável. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia**, 1997. 20p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42).

FIGUEIRA, A. F.; QUINTERO, E. I.; BERBARA, R. L. L. **Avaliação das comunidades de nematoides do solo em agroecossistemas orgânicos**. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.31, p.509-515, 2009.

GOMES, G. S., HUANG, S. P., & CARES, J. E. (2003). **Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields**. *Fitopatologia brasileira*, 28(3), 258-266.

JENKINS, W. R. **A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil**. *Plant Disease Report*, 48:692, 1964.

KANDJI, S. T., OGOL, C. K. P. O., & ALBRECHT, A. (2001). **Diversity of plant-parasitic nematodes and their relationships with some soil physic-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya**. *Applied Soil Ecology*. 18(2), 143-157.

YEATES, G. W., & BONGERS, T. (1999). **Nematode diversity in agroecosystems**. *Agriculture Ecosystem Environment*, 74(1), 113-135.

MONDINO, E. A.; TAVARES, O. C. H.; EBELING, A. G.; PATTISON, A. B.; MOODY, P. W.; BADCOCK, K. A.; SMITH, L. J.; ARMOUR, J. A.; RASIAH, V.; COBON, J. A.; GULINO, L. M.; MAYER, R. **Development of key soil health indicators for the Australian banana industry.** Applied Soil Ecology, v.40, p.155-164, 2008

WUTKE, E. B. **Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo.** Curso sobre adubação verde no Unstituto Agronômico de Campinas: Instituto Agronômico, v. 1, p 17-29, 1993.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. **Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola.** R. Bras. Ci. Solo, 21:313-319, 1997.

PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE REMOBILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO DE MUTANTES DE ARROZ *osaap18*

Cássia Pereira Coelho Bucher

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
UFRRJ – Departamento de Solos- Seropédica -
RJ

Erinaldo Gomes Pereira

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
UFRRJ – Departamento de Solos- Seropédica –
RJ

Andressa Fabiane Faria de Souza

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
UFRRJ – Departamento de Solos- Seropédica –
RJ

Carlos Alberto Bucher

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
UFRRJ – Departamento de Fitotecnia- Seropédica
- RJ

Manlio Silvestre Fernandes

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
UFRRJ – Departamento de Solos- Seropédica –
RJ

RESUMO: Grande parte da Eficiência de Uso de Nitrogênio (EUN) é ligada à Eficiência de Remobilização de N (ERN) dos cultivos no período reprodutivo da cultura, levando o estudo de genes que codificam para proteínas envolvidas na remobilização de N durante o período de enchimento dos grãos, em especial os transportadores de aminoácidos, que são a principal forma de remobilização de N orgânico nas plantas no período de enchimento de grãos,

a ser de extrema relevância. Foi instalado um experimento em casa de vegetação para caracterização fenotípica e Eficiência de Remobilização de Nitrogênio (ERN) das plantas mutantes 3A-00581, mutante por T-DNA para o gene *OsAAP18* (LOC_Os06g36210). Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com uma linhagem mutante, *Osaap18*, e uma variedade selvagem, com 4 repetições. Ao final do ciclo foram determinados o crescimento, a produção de massa das plantas e de grãos e a ERN. Os resultados obtidos sugerem a provável participação de *OsAAP18* no transporte de aminoácidos para os grãos em desenvolvimento, uma vez que plantas mutantes para esse gene apresentaram menor produção de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: EUN; transportadores, *Oryza sativa*.

1 | INTRODUÇÃO

Em arroz há uma ausência de estudos sobre genes relacionados a remobilização de nitrogênio, tornando importante o estudo desses genes

Em análises prévias foi verificado que o gene de arroz *Os06g36210* (*OsAAP18*) pode estar associado a funções de transporte de aminoácidos para os grãos em plantas de

arroz durante o período reprodutivo. A caracterização fenotípica de plantas mutantes para esse gene (*OsAAP18*) pode ajudar a entender os mecanismos envolvidos na remobilização de N na forma de aminoácidos em plantas de arroz e contribuir para futuros estudos visando o aumento da EUN por plantas e produção de grãos com maiores teores de proteína. Além disso, a determinação da ERN em plantas mutantes de arroz para os genes de transportadores de aminoácidos pode ajudar a elucidar a influência desse gene sobre a EUN.

O objetivo desse trabalho foi fazer a caracterização fenotípica de mutante de arroz silenciando o gene *OsAAP18* (LOC_Os06g36210) e determinar a ERN nesse mutante.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Plantas da linhagem 3A-00581 e tipo silvestre foram germinadas em água em câmara de crescimento. Após germinação as plantas foram transferidas para potes (com capacidade de 700ml) com solução nutritiva de Hoagland & Arnon modificada contendo 2mM de N a ¼ de FI e após três dias para a solução na mesma concentração a meia força iônica. As plantas permaneceram nos potes por quatro semanas para a realização do teste de higromicina para confirmação da mutação e separação das plantas a serem utilizadas no experimento. Após confirmação pelo teste de higromicina foram separadas plantas da linhagem mutante e tipo selvagem para implantação do experimento.

As plantas foram transferidas para vasos com capacidade de 10 litros contendo solução nutritiva de Hoagland & Arnon modificada com 2mM de 15N em excesso (1mM de nitrato e 1mM de amônio). As plantas permaneceram nessa solução até o período da antese. O pH da solução foi corrigido a cada 3 dias e trocada a cada 7 dias.

Foi utilizado sulfato de amônio com 15N em excesso (1% de excesso) para marcação para posterior análise de alocação de N nos tecidos das plantas. O enriquecimento com 15N foi mantido até a antese. Após a antese as plantas foram transferidas para solução de Hoagland & Arnon modificada com 0,2mM (0,1mM de nitrato e 0,1mM de amônio) sem marcação, onde permaneceram até o final do ciclo. Foi calculado o % de 15 N remobilizado para os grãos.

Para a caracterização das plantas mutantes e tipo silvestre foram analisados os seguintes parâmetros agrônômicos: produção de massa fresca, número de panículas, altura de perfilhos, número de perfilhos, e peso total do grão (g)

Os resultados da linhagem foram analisados e comparados com sua respectiva planta controle (wild type) por análise de variância utilizando o programa Assistat 7.7 beta. Os efeitos das variáveis foram verificados pelo teste F (5% de probabilidade). Quando houve diferenças significativas reveladas pela ANOVA, as médias dos tratamentos foram separadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças no número de altura de perfilhos verificadas entre as plantas não influenciaram a produção de massa seca (Tabela 1), uma vez que não foram verificadas diferenças significativas entre a linhagem e as plantas tipo selvagem para esse parâmetro.

Parâmetros	WT	3A-00581
M.F (G/VASO)	188 a	159 a
A.P (cm)	54 ab	35 a
Pan. (un)	16 a	22 ab
Perf. (un)	17 a	31 ab

Tabela 1. Produção de massa fresca (M.F), panículas (Pan.), perfilhos (Perf.) e altura das plantas (A.P)

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As plantas tipo selvagem apresentaram maior altura quando comparadas com as plantas mutantes 3A-00581, porém um menor número de perfilhos e de panículas (Tabela 1). Este maior número de perfilhos e panículas apresentado pelas plantas mutantes 3A-00581 não refletiu em maior produtividade, uma vez que foi observada menor produção em termos de massa de grãos (Figura 1).

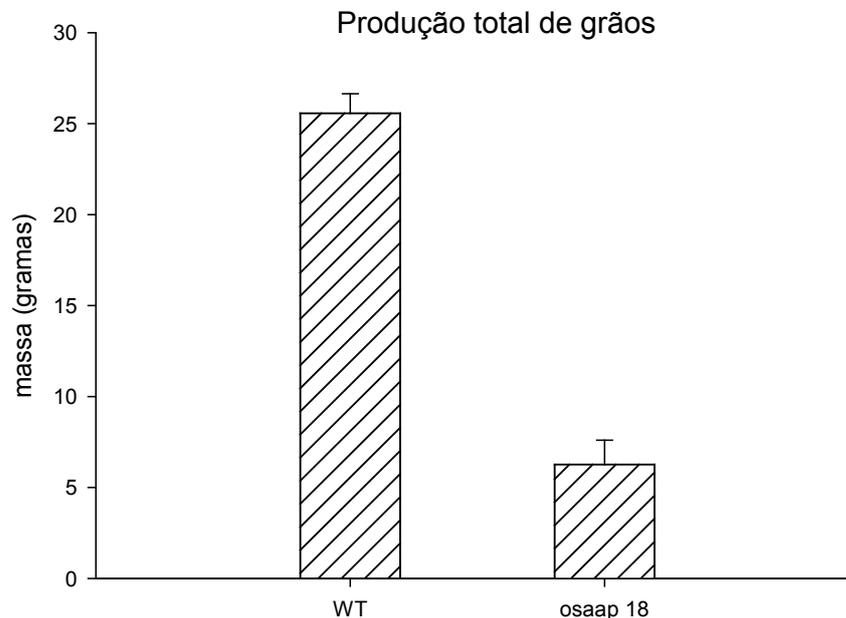


Figura 1. Massa total dos grãos da planta mutante 3A-00581 (osaap 18) e das plantas selvagens.

A menor produção apresentada pelas plantas 3A00581 está de acordo com os resultados observados por Schmidt et al. (2007), que verificaram que linhagens ataap8 apresentaram um menor tamanho total das silículas que plantas tipo silvestre e que o total de possíveis sementes (sementes contáveis + sementes abortadas) foi reduzido em cerca de 50%, sendo esse fenótipo visíveis na linhagem mutante utilizada no

experimento.

Não foram observadas diferenças significativas para os parâmetros de % de N remobilizado na panícula, e residual no colmo e nas folhas (tabela 2).

Parâmetros	WT	3A-00581
N-remobilizado (%)	79,96 a	85,25 a
N. residual C. (%)	73,76 a	70,14 a
N. residual F.V (%)	68,45 a	72,30 a
N. residual F.i (%)	80,27 a	73,69 a

Tabela 2. Porcentagem de N remobilizado e de N presente no final do ciclo

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Isso pode estar relacionado à quantidade de N aplicado em solução. O fornecimento de maiores teores de N podem influenciar na remobilização de N para os grãos, reduzindo suas taxas. Como foram fornecidos 2mM de N durante toda a fase vegetativa das plantas e posteriormente 0,2mM na fase reprodutiva isso pode ter afetado a remobilização. Devido as condições do experimento não é possível afirmar que a mutação de *OsAAP18* afetou a ERN, para isso, seria necessário repetir o experimento com doses menores de N.

4 | CONCLUSÕES

Os resultados obtidos sugerem que o transportador *OsAAP18* afeta a produção de grãos em plantas de arroz

Estudos de localização devem ser realizados para o gene *OsAAP18*, afim de elucidar o exato local de expressão do mesmo.

5 | AGRADECIMENTOS

Ao CPGA-CS, CAPES, CNPQ, FAPERJ, pelo apoio financeiro e ao laboratório de nutrição mineral de plantas da UFRRJ pelo suporte físico.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, S.L.; SCHEPERS, J.S. **A simple roller-mill grinding procedure for plant and soil samples. *Communications in Soil Science and Plant Analysis***, 35: 537-545, 2004.

Assistat. Disponível em: <<http://www.assistat.com>. Professor Doutor Francisco de A. S. e Silva. Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

BERKELEY: **California Agricultural Experimental Station**, 347p., 1950.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils.**

NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária, 2005. 313p.

SCHMIDT, R.; STRANSKY, H. and KOCH, W. **The amino acid permease AAP8 is important for early seed development in Arabidopsis thaliana**. *Planta*. 226:805-813, 2007.

QUANTIFICAÇÃO DA PERDA DE SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPÓ UTILIZANDO A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS

Diogo Yukio Uema

Mestre em Geografia, Programa de Pós
Graduação em Geografia, Universidade Estadual
de Maringá – UEM.

Maringá - PR

Laine Milene Caraminan

Acadêmica do Curso de Geografia, Universidade
Estadual de Maringá – UEM.

Maringá - PR

RESUMO: O presente trabalho tem por objetivo quantificar a perda de solos na Bacia Hidrográfica do rio Pirapó, visando expor a importância do manejo adequado dos solos da região norte e noroeste do Paraná. A metodologia utilizada na presente pesquisa baseia-se na equação universal de perda de solos – EUPS, proposta por Wischmeier e Smith (1978) e adaptada por Bertoni e Neto (1985). Tal procedimento utiliza seis fatores principais que permitem avaliar as possibilidades de perdas do solo por erosão laminar durante um determinado período de tempo, sendo eles: declividade, comprimento da vertente, erodibilidade, erosividade, uso e ocupação do solo e práticas conservacionistas. Para o processamento e quantificação dos fatores, foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica *Arcgis* e o *add-in GISUS-m*, sendo este último, uma extensão que facilita a elaboração e

integralização dos fatores condicionantes. Para dados de solos e precipitações, foram utilizados dados bibliográficos. Os dados topográficos foram resultantes de imagens de satélite e radar, assim como o uso e ocupação e práticas conservacionistas, retirados de imagens NDVI. Os resultados apresentaram que a declividade e os tipos de solos foram os fatores mais determinantes para a quantidade de perda de solos. As porções leste e sudoeste são onde se localizaram os maiores índices de perda de solos.

PALAVRAS-CHAVE: Uso e Manejo dos Solos; Erosão Laminar; Geoprocessamento; Sedimentos.

ABSTRACT: The present work has the objective of quantifying the soil loss in the Pirapó River Basin, aiming at obtaining a greater solidity of the soils of the north and northwestern region of Paraná. The methodology used today is based on the universal loss of life (EUPS, proposed by Wischmeier and Smith (1978) and adapted by Bertoni and Neto (1985). The use of six main factors that allow erosion, land use and occupation, and conservation practices. For the treatment and quantification of factors, we used the ArcGIS Geographic Information System and the GISUS-m supplement, the latter being an extension that facilitates the integration and conditioning behaviors, and the bibliographical

dates were investigated for soil and precipitation dates, topographic data were created from satellite and radar images, as well as use and occupation and conservation practices, from NDVI images. The results were a slope and the types of soils were the determinant factors the amount of soil loss. As for the east and southwest are the highest rates of soil loss.

KEY WORDS: Land Use and Management; Laminar Erosion; Geoprocessing; Sediments

1 | INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XX, um novo modelo de agricultura começa a se instalar no território brasileiro, marcando o início de uma perspectiva moderna, que viria embasar os grandes padrões de produtividade agrícola da América do Sul. Tal produtividade, neste contexto, volta-se para a importância econômica das atividades, tendo em vista a utilização exacerbada de agrotóxicos, técnicas de correção e intensiva mecanização nas áreas agricultáveis.

Os usos e manejos agrícolas incorretos incutem na degradação dos solos, em diversas dimensões, sejam elas químicas, físicas ou biológicas. Segundo Machado e Favaretto (2006), a degradação física refere-se a perda da qualidade estrutural, bem como dos espaços porosos do solo; a degradação química representa a perda da capacidade do solo de suprir nutrientes ou do aumento da concentração de elementos tóxicos nos volumes pedológicos. Por último, a degradação biológica reporta-se a redução da atividade e diversidade biológica do solo.

Neste contexto, os processos erosivos representam uma das dinâmicas mais impactantes de degradação dos solos, uma vez que, podem ser identificados em naturais e acelerados. O primeiro, causa-se por fatores naturais que se apresentam sobre longos períodos de tempo. O segundo, ocasiona-se geralmente, por ações antrópicas, de forte intensidade e em curtos períodos de tempo.

De acordo com Silva, Paiva e Santos (2009), a erosão dos solos é um dos problemas ambientais mais relevantes, tendo origem a partir da interação de inúmeros fatores, compreendendo três fases distintas: desagregação, transporte e deposição. Inicialmente, o material desagregado é transportado por diversos agentes naturais, bem como os eólicos e hídricos. Logo, estes sedimentos são depositados em locais que diferem-se do seu local de origem (alóctones), causando perturbações no ambiente.

Os problemas naturais relacionados à erosão são contemplados em diversas possibilidades, modificando as dinâmicas hídricas com o assoreamento de canais e reservatórios, poluição das águas, perda da microflora que atua diretamente nas transformações pedológicas, decréscimo da fertilidade e conseqüentemente da produtividade agrícola em razão da perda de matéria orgânica, aumentando o custo dos cultivares (COGO e LEVIEN, 2002).

Várias são as preocupações com as dinâmicas ambientais, tendo em vista a

preservação dos recursos naturais e o melhoramento dos índices de degradação dos mesmos. O desenvolvimento de técnicas e modelos estimativos para a degradação dos solos permitem conhecer antecipadamente a realidade das áreas que se pretende estudar, identificando as possíveis áreas de risco, a fim de promover iniciativas voltadas para a prevenção dos problemas, neste caso, os erosivos.

A equação universal da perda de solo (EUPS) é um modelo utilizado para estimar e quantificar as possíveis perda de solo, principalmente por ser objetiva e fazer uso de variáveis que podem ser obtidas facilmente (MIQUELONI, BUENO E FERRAUDO, 2012). Foi criada em 1978 por Wischmeier e Smith, e adaptada para as condições brasileiras por Bertoni e Neto (1985). Assim, a perda de solos com base na EUPS, deve considerar fatores de erosividade da chuva, erodibilidade do solo, comprimento de rampa, declividade, uso do solo, manejo e práticas conservacionistas complementares (VIEIRA, 2008).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo principal estimar a perda dos solos por erosão hídrica na Bacia do Rio Pirapó, localizada ao norte do Estado do Paraná.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Abacia hidrográfica do Rio Pirapó está localizada no Terceiro Planalto Paranaense, ao norte do Estado do Paraná, nas coordenadas latitudinais 22° 32' 30" e 23° 36' 18" S e longitudinais 51° 22' 42" e 52° 12' 30" W (figura 1).

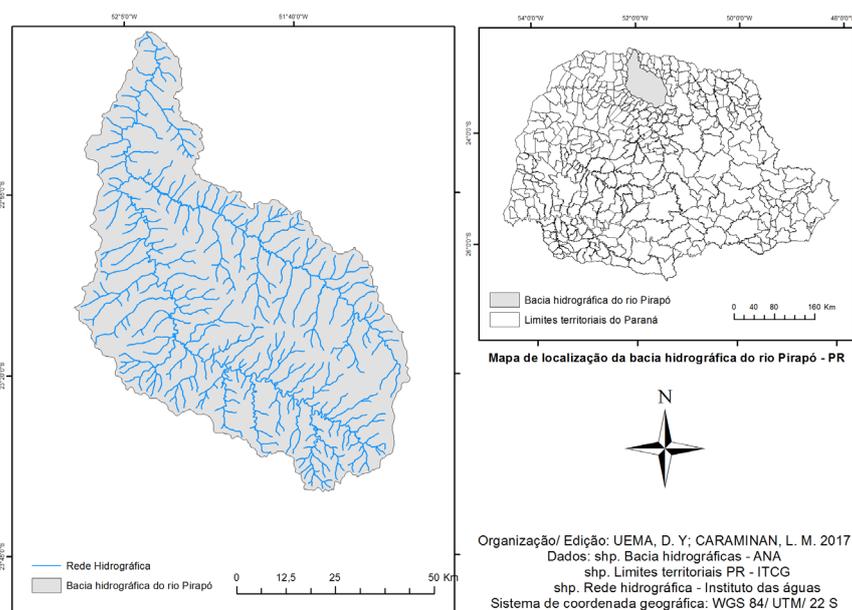


Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Pirapó

Ainda, a Bacia Hidrográfica corresponde a uma área total de 5.098,10 Km² e de acordo os critérios de Köppen (1918), é definida como Cfa (Subtropical quente) para as áreas acima de 650 metros de altitude, com temperatura média para o mês mais frio

inferior a 18°C e a temperatura para o mês mais quente superior a 22°C, podendo ou não apresentar concentração de chuvas no verão, com ausência da estação seca bem definida e Ama (Tropical com inverno seco), para as localidades de menores altitudes, com temperatura mensal mais frio, com valores acima dos 18°C e temperatura do mês mais quente, acima dos 22°C, sendo que, a precipitação pluviométrica concentra-se nos meses de verão e apresenta significativa redução nos meses de inverno (TERASSI e SILVEIRA, 2013).

Segundo a Mineropar (2001), a área de estudo apresenta quatro principais unidades litológicas, sendo: as formações Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá, pertencentes ao Grupo Bauru; e a Formação Serra Geral, com materiais provenientes de derrames basálticos. Devido às diferentes litologias e demais fatores, a bacia hidrográfica apresenta diversos tipos de solo, que foram propostos por Marcatto e Silveira (2014) como: Neossolos Litólicos, Latossolos Vermelhos e Nitossolos Vermelhos que variam em função da textura.

Para a aplicação da Equação universal de perda de solos na área em estudo, temos a seguinte forma:

$$A = R.K.L.S.C.P$$

Onde:

A = perda de solos em um período de tempo em uma unidade de área (ton/ha.ano);

R= erosividade da chuva: capacidade da chuva de desagregar e transportar partículas do solo (MJ.mm/ha.h.ano);

K= erodibilidade dos solos: capacidade do solo em sofrer erosão, dependendo de sua granulometria (ton.ha.h/há.MJ.mm);

L = comprimento de rampa: a possibilidade de perda de solo em um comprimento de 22m;

S = declividade: a possibilidade de um declive qualquer e um declive de 9%.

C = uso do solo: relação em diferentes uso e manejo do solo e desenvolvimento de plantas (adimensional);

P = práticas conservacionistas: relação entre a possibilidade de erosão e diferentes tipos de práticas conservacionistas (adimensional).

O *add-in "Gisus-M"*, criado pelo professor doutor J. A. Oliveira (2013) é uma extensão instalada no Sistema de Informação Geográfica - SIG *Arcgis* 10.2, com a intenção de facilitar a junção dos fatores da Equação automaticamente.

No presente item do trabalho, será explicada separadamente os métodos para a obtenção dos fatores condicionantes.

2.1 Obtenção do fator LS

Para o cálculo do fator LS (topográfico), o *GISUS-M* utiliza Modelos Digitais de Elevação (MDE) juntamente com Sistemas de Informações Geográficas. O programa se apoia na metodologia do *LS-TOOL*, proposto por Zhang et al. (2013), que utiliza dados *ASCII* para o cálculo.

O MDE utilizado foi o SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*, da NASA - *National Aeronautics and Space Administration*, obtido por imagens de satélites e radar, com precisão de 30 metros para o pixel, podendo alcançar após tratamento computacional, precisão de 15 metros.

2.2 Obtenção dos fatores K e R

Os dois fatores K (erodibilidade) e R (erosividade) são criados a partir de arquivos vetoriais ou matriciais, apresentando tabelas de atributos já definidas pelo autor no mesmo SIG ou em outros softwares, bem como o Excel ou ainda, em outros SIG's.

No presente trabalho os valores de erodibilidade foram retiradas dos seguintes trabalhos: Souza (2010) e Demarch (2014).

Para as informações de erosividade, foi considerado o trabalho de Terassi (2015).

Os dois fatores foram criados no SIG Quantum GIS, versão 2.16.2.

2.3 Obtenção do fator C e P

Para obtenção dos resultados relacionados aos fatores uso e ocupação do solo (C) e práticas conservacionistas (P), a extensão *GISus-M* utiliza-se de imagens NDVI - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada - de sensoriamento remoto que servem para analisar as condições de vegetações naturais ou agrícolas de determinada área.

As imagens NDVI utilizadas para o trabalho foram obtidas a partir de imagens do satélite LANDSAT 8, mais precisamente do cálculo entre as bandas 4 e 5 (Vermelho e Infravermelho Próximo), do ano de 2015.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão organizados de acordo com o exposto no item anterior, tendo em vista cada um dos fatores da EUPS. Posteriormente, buscou-se integrar todos os fatores em um único mapa (síntese), representando assim, a quantificação simulada das perdas de solo anual, baseado nas datas dos dados utilizados, para a Bacia Hidrográfica do rio Pirapó.

3.1 Fator R e K

Os fatores R e K, erosividade e erodibilidade foram retirados de trabalhos bibliográficos e processados em SIGs, conforme pode ser observado na figura 2.

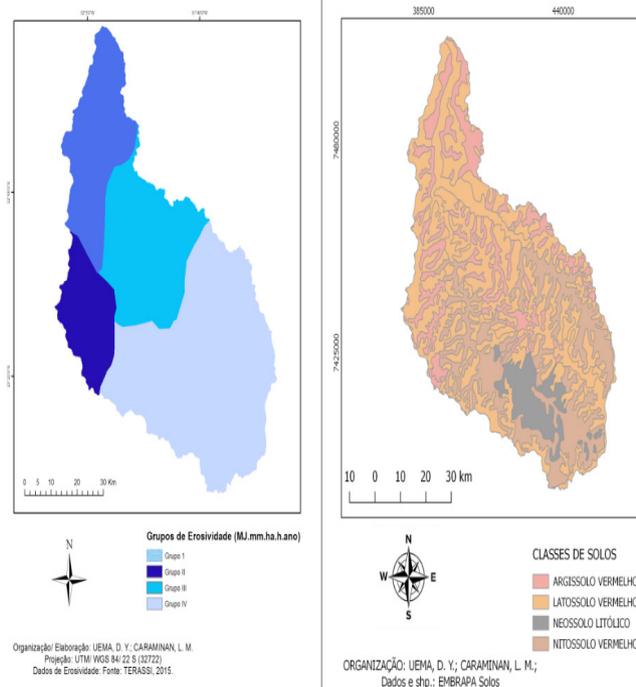


Figura 2: Mapas de Erosividade (Esquerda) e Erodibilidade (Direita)

Os valores utilizados em cada equação estão representados nos quadros 1 e 2, que seguem respectivamente.

EROSIVIDADE	VALORES (MJ.mm.ha.h.ano)
GRUPO I	7801,5
GRUPO II	7174,9
GRUPO III	7363,9
GRUPO IV	6882,3

Tabela 1: Valores de erosividade em MJ.mm.ha.j.ano

ERODIBILIDADE	VALORES
LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico	1.71
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	0.52
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico	1.83
ARGISSOLO VERMELHO Distrófico	0.05
NEOSSOLO LITÓLICO	0.01

Tabela 2: Valores de Erodibilidade em t. h. MJ. Mm

3.2 Fator LS

O fator LS (topográfico) é adimensional, configurando-se a partir da junção da declividade do terreno e o comprimento de rampa. Os resultados estão distribuídos assim como mostra a figura 3.

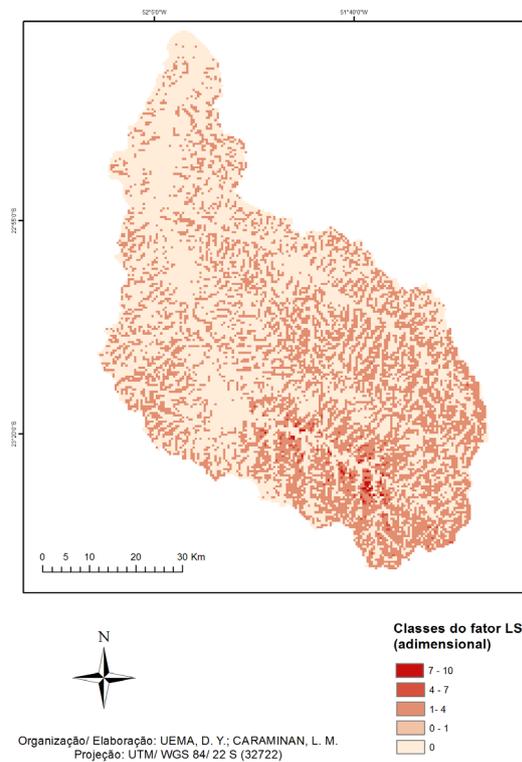


Figura 3: Mapa de distribuição do fator LS (topográfico)

As cores mais escuras do mapa representam onde o fator LS é maior, as classes foram divididas em 0, 0-1, 1-4, 4-7 e 7-10, as porções sul e sudeste da bacia hidrográfica do rio Pirapó foram onde as maiores classes se localizaram, dado que as maiores altitudes e declividades estão no mesmo local, bem como o comprimento da rampa, fato que contribui para o maior escoamento das águas, tendo em vista os processos erosivos que são facilitados também pela existência do Neossolo Litólico na área. Neste contexto, os dados nos permite inferir sobre as dinâmicas da área, tendo como principais aspectos, a disposição do relevo e a classificação do solo, que corresponde ao afloramento do Neossolo Litólico.

3.3 Fator C e P

Os fatores C e P (figura 4), respectivamente, uso e ocupação do solo e práticas conservacionistas foram calculados em conjunto, com base nas imagens de NDVI.

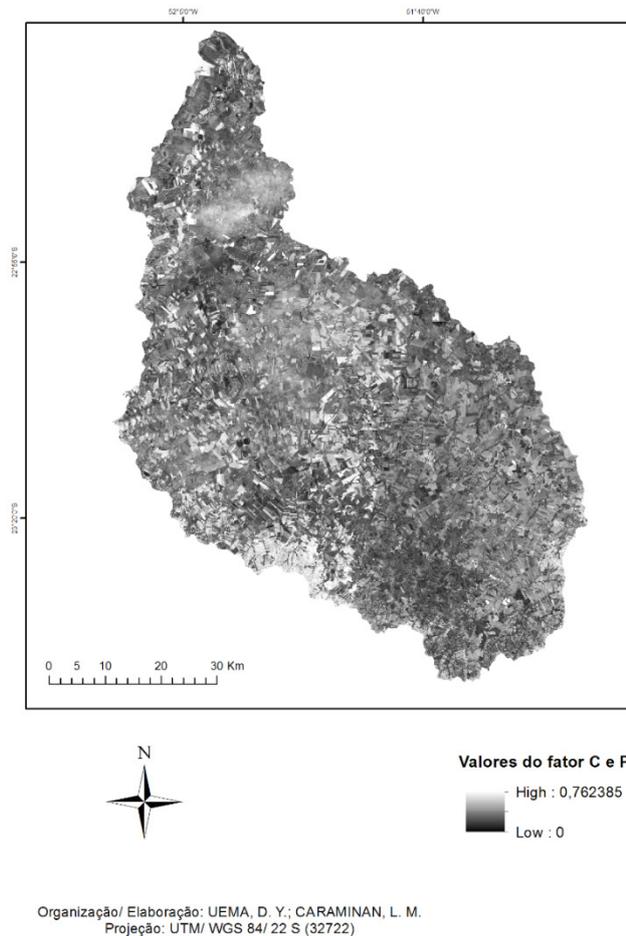


Figura 4: Mapa de distribuição dos fatores C e P

A figura 5 representa a distribuição espacial da perda de solo por erosão laminar, em toneladas por hectare, correspondente a um período de um ano, no caso, 2015. Tal mapa configurou-se de acordo com a integralização dos fatores da EUPS.

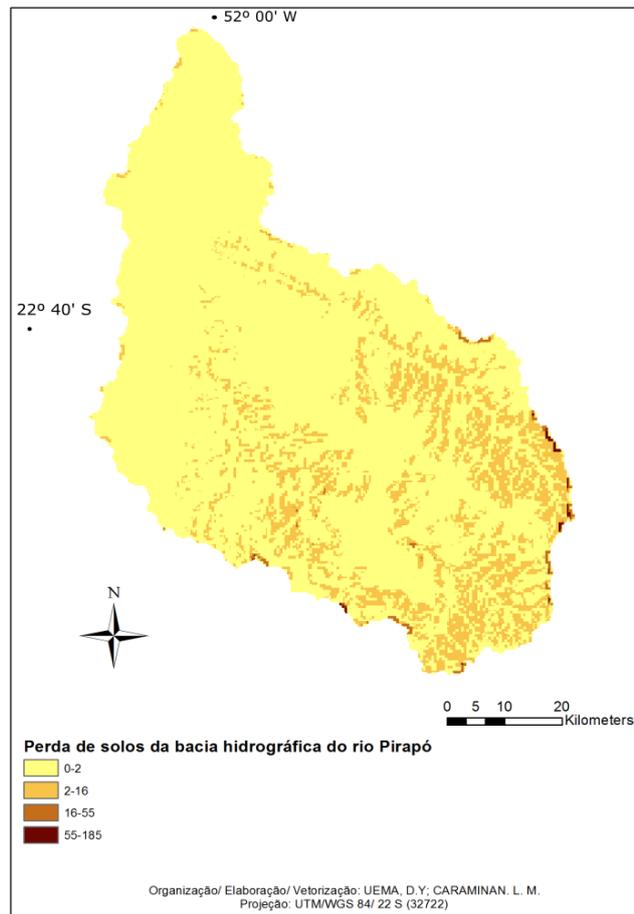


Figura 5: Perda de solo ton/(ha.ano)

O mapa demonstra que nos extremos leste e sudoeste da bacia hidrográfica do rio Pirapó, concentra-se a os maiores valores de perda de solos, que pode variar de 55 à 185 toneladas por ano, o que condiz com as áreas que apresentam as maiores declividades, onde também são encontradas as cabeceiras de drenagem (nascentes). A classe 16 à 55 toneladas se encontra nos locais onde existe uma declividade moderada. As classes 0 à 2 e 2 à 16 ton/ ha/ ano, estão bem distribuídas, e são as classes mais presentes no mapa, resultando em mais de 50% da bacia hidrográfica.

É importante salientar que a classe que dispõem dos maiores valores de perdas de solos (55 – 185 ton/ha/ano), foi classificada de modo a que a distribuição geográfica no mapa final fosse relevante, dado que são poucas as localidades onde se manifestam, mas que estão presentes na bacia do rio Pirapó e devem ser analisadas a partir de uma visão conservacionista.

Dado que os solos da bacia hidrográfica do rio Pirapó, são Latossolos Vermelhos - LV e Nitossolos Vermelhos – NV em sua maioria, a sua estrutura pedológica não é propícia a facilitar a erosão laminar, o que pode explicar a pouca quantidade de sedimentos demonstrados nos resultados. Contudo, é imprescindível considerar o material de origem desses solos, uma vez que possibilitam o desenvolvimento de solos com texturas e mineralogias diversificadas. Tomazoni (2005) salienta que quanto mais profundo o solo, maior será sua resistência à remoção por erosão laminar, isso

justifica o resultado do trabalho, onde os LV e o NV são profundos.

Ainda, é possível considerar as formas das vertentes para o aumento ou decréscimo dos valores de perdas de solo, uma vez que, a morfologia do terreno contribui para a ocorrência de erosões laminares superficiais. De maneira geral, as áreas que apresentaram os menores valores para as perdas de solos encontram-se em topos alongados, com vertentes convexas que permitem a dispersão dos fluxos provenientes das precipitações e vales em “V” (MINEROPAR, 2006).

A figura 6 representa a morfologia das vertentes encontradas na bacia hidrográfica do Rio Pirapó.

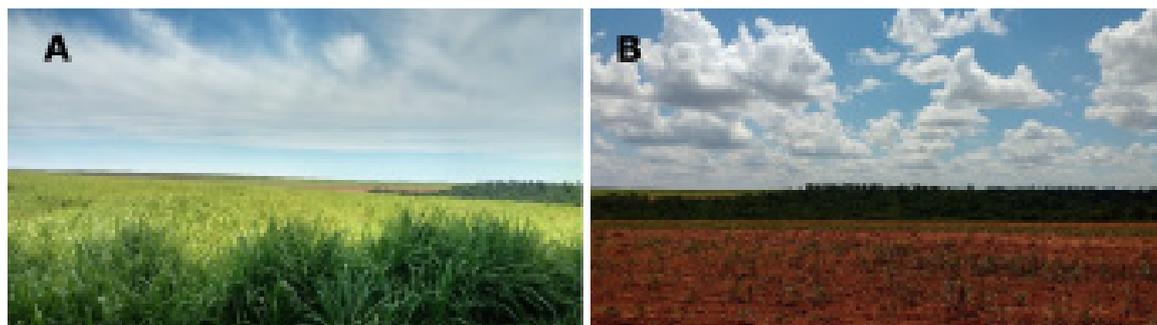


Figura 6: Representação da morfologia das vertentes encontradas na bacia hidrográfica do rio Pirapó: (A) e (B) área com perda estimada de até 2 ton/ha/ano, com fator topográfico entre 0 a 1 (município de Santa Fé, 2017).

4 | CONCLUSÃO

Em relação a erosão laminar total, calculado pela EUPS, os resultados demonstraram que a quantidade de solo erodido está de acordo com dados de outros pesquisadores como Souza (2010), Tomazoni (2005) e Prado (2005), onde a EUPS total se encontra entre os valores máximos de 100 à 200 ton/ha/ano.

A EUPS se mostrou eficaz para o objetivo definido, a metodologia é prática e produz resultados confiáveis. Contudo, não calcula outros tipos de erosão como as voçorocas ou ravinas, por esse motivo é importante salientar que a metodologia deve ser utilizada somente para quantificar erosão laminar.

A bacia hidrográfica do rio Pirapó é de grande extensão, caso o trabalho fosse realizado em pequenas bacias hidrográficas, haveria a necessidade de um melhor detalhamento de dados topográficos, uso e ocupação do solo, análises de solos e erosividade.

A declividade e o tipo de solo foram os maiores determinantes para a quantidade de material transportado, dado que no setor leste e sul, foram onde apresentaram mais perda de sedimentos.

O geoprocessamento apresentou-se como uma ferramenta importante para o estudo, contribuindo de forma significativa para o manuseio de dados a partir de modelos matemáticos e conseqüentemente, apresentação de resultados.

O trabalho traz contribuições para a área ambiental e alerta sobre os cuidados

necessários com o solo, uma vez que, quando realizada a prática de uso e manejo dos solos de forma correta, menores serão os índices de perda e conseqüentemente, de perturbação ambiental.

REFERÊNCIAS

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392 p.

COGO, N. Pedro; LEVIEN, Renato. Perspectiva do manejo e da conservação do solo e da água no Brasil. In: ARAUJO, Q.R. de. (Org.). **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. P. 51-164.

KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Mitt**, v.64, p.193-203, 1918.

MACHADO, M. A. M.; FAVARETTO, N. Atributos físicos do solo relacionados ao manejo e conservação dos solos. In: LIMA, M. R. (Ed.). **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006.

MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 63 p.

MIQUELONI, D. P.; BUENO, C. R. P.; FERRAUDO, A. S. Análise espacial dos fatores da equação universal de perda de solo em área de nascentes. **Pesq. Agropec. Bras. Brasília**, v. 47, n. 9, p. 1358-1367, 2012.

OLIVEIRA, J. A.; DOMINGUEZ, J. M. J.; NEARING, M. A.; OLIVEIRA, P. T. S. **A gis-based procedure for automatically calculating soil loss from the universal soil loss equation: GISus-M**. Applied engineering in Agriculture. Vol. 31(6): 907-917. American Society of Agricultural and biological engineers, 2015.

PRADO, J. P. B. **Aplicação da equação universal de perdas de solo com o auxílio de técnicas de geoprocessamento para a bacia hidrográfica do córrego Ipiranga no município de Cidade Gaúcha/ PR**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Maringá. 2005

SILVA, R. M.; PAIVA, F. M. L.; SANTOS, C. A. G. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do rio capιά baseado em sig e sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, v. 2, n. 1, p. 26-40, 2009.

SOUZA, V. **Estimativa de perdas de solo por erosão laminar na bacia hidrográfica do córrego Pinhalzinho II com suporte de geoprocessamento**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Maringá, 2010.

TERASSI, P. M. P.; SILVEIRA, H. Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó – Pr. **Revista Formação**, v. 1, n.20, p. 111-128, 2013.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Jirau. **RBC – Revista Brasileira de Cartografia**. N° 57/03, 2005.

VIEIRA, F. V. Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica. **Geografia**. Londrina, v. 17, n. 1, p. 73-81, 2008.

WISCHIMEIER, W. H.; SMITH, D. D. (1978) Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 58p.

ANÁLISE COMPARATIVA DA DENSIDADE MÁXIMA TEÓRICA (DMT) DE UMA MISTURA ASFÁLTICA COM A INCORPORAÇÃO DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DO MÉTODO RICE

Arthur Pereira Neto

Graduado no Curso de Engenharia Civil – UNICESUMAR. Pós-Graduando em Infraestrutura de Rodovias. arthurmaringa@hotmail.com

Allan Barbeiro Modos

Graduado no Curso de Engenharia Civil – UNICESUMAR. allan.b.modos@gmail.com

Jesner Sereni Ildefonso

Orientador Docente Doutor em Engenharia de Transportes. jsildefonso@uem.br

Ronan Yuzo Takeda Violin

Co-orientador Docente Mestre em Engenharia Urbana. ronan.cesumar@gmail.com

RESUMO: Hodiernamente as questões ambientais em pesquisas de engenharia estão sendo muito discutidas, além disso a necessidade de se encontrar outros materiais vem crescendo, assim aderindo aos conceitos de reutilização, resolveu-se para esse estudo empregar a cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC), material esse originado da queima do bagaço em usina de Biomassa para a geração de energia, como suplente da areia usada como material mineral em misturas asfálticas, isso referente a cinza pesada, pois a mesma apresenta grande quantidade de SiO₂ (sílica) em sua composição e também é encontrada com facilidade no Brasil. Desse modo, no trabalho foi efetuada análises granulométricas

e elaborados corpos de prova (CP) não compactados, com diferentes teores de ligante, para os ensaios de densidade máxima teórica (DMT) por meio do Método Rice, seguindo as normas americanas da ASTM D 2041, com o objetivo averiguar o comportamento do material em estudo na mistura asfáltica, quanto à sua granulometria e também sua densidade. Por fim, observou-se que a cinza apresenta grande semelhança granulométrica com a areia, tendo somente algumas disparidades de retenção nas peneiras de nº 40 e nº 80, já pelo ensaio DMT constatou-se que ambas também possuem densidades semelhantes, entretanto houve variações dos valores nos CPs com 3,5% e 5,0% de ligante, sendo os corpos de prova compostos com areia por sua vez, os com resultados pouco melhores, porém os com CBC alcançaram valores satisfatórios.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento flexível; Cinza Pesada; Areia; Reutilização, Betume.

1 | INTRODUÇÃO

A elaboração dos projetos de misturas asfálticas, como também dos demais materiais na engenharia, visa sempre a otimização e a correta proporção dos componentes, com o objetivo de minimizar os custos de produção e obter as propriedades desejadas e determinadas

por norma. Hodiernamente essas questões de sustentabilidade estão sendo muito discutidas e a necessidade de se encontrar outros materiais vem crescendo. Assim, aderindo aos conceito de reutilização, resolveu-se para esse estudo utilizar a cinza pesada de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como material mineral em misturas asfálticas, uma vez que ela se comporta como material mineral.

No Brasil, aproximadamente 95% do total de bagaço gerado é levado para usina de Biomassa para a produção de energia, através do vapor produzido pela queima do material em caldeiras, esse processo da origem à cinza do bagaço, que não é na maioria das vezes corretamente depositada, configurando-se em uma seria problemática ambiental. A CBC é composta, sobretudo a cinza pesada de SiO₂ (sílica), sendo a primeira vista um excelente material para ser aplicado na adição mineral em obras de engenharia, tanto em pavimentos, matrizes cimentícias ou até mesmo na estabilização de solos pouco coesivos.

O arranjo da estrutura mineral da mistura asfáltica interfere significativamente no desempenho da mesma, tanto em campo quanto em laboratório, principalmente no que se refere ao volume de vazios. Misturas mais densas, que são mais comumente utilizadas na pavimentação nacional, apresentam um curva granulométrica bem graduada, dessa maneira, um volume de vazios baixo, entre 3 a 5%. Ainda existem misturas asfálticas com um curva granulométrica aberta, onde há uma maior porcentagem de agregados graúdos e pequena quantidade de miúdos e finos, como é o caso do CPA (Camada Porosa de Atrito), onde o volume de vazios chega a 25%.

Destarte, o volume de vazios (Vv) é um dos principais parâmetros utilizados nos métodos de dosagem, para estabelecer os seus valores é preciso executar ensaios de densidade máxima teórica da mistura asfáltica (DMT) e também de densidade aparente do corpo de prova (CP) compactado. Na literatura há diversos modos de se fazer o cálculo da determinação da DMT. A DMT, no Brasil é geralmente determinada por intermédio de uma ponderação das reais densidades dos materiais constituintes da mistura, porém nesse trabalho foi empregado o Método Rice, seguindo a norma americana ASTM D 2041, fazendo uso de uma bomba de vácuo.

Diante disso, essa pesquisa procura analisar a possível utilização das cinzas originadas da queima do bagaço de cana-de-açúcar como material suplente da areia em misturas asfálticas, averiguando seu comportamento quanto à granulometria e à densidade, por meio de ensaios laboratoriais de densidade máxima teórica e também de estudos granulométricos, visando comparar os resultados obtidos com a cinza com os alcançados com a areia.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais Utilizados

2.1.1 Ligante Asfáltico

De acordo com Bernucci et al (2010) o ligante asfáltico, é um material derivado do petróleo, em que se é obtido mediante a um sistema de destilação, o mesmo apresenta boa impermeabilidade à água e baixa reatividade, além de funcionar como um aglutinante termoviscoplastico. Porém mesmo possuindo certa resistência a ataques químicos de ácidos, álcalis e até bases, esse material asfáltico pode vir a sofrer com a oxidação causada pela ação da água e do ar com o passar do tempo, isto é, o processo de envelhecimento do ligante, perdendo resistência e diminuindo sua vida útil de serviço. Ainda conforme os autores, no Brasil o ligante asfáltico recebe o nome de CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo), em que sua viscosidade e consistência é suscetível e depende da variação da temperatura.

Para esse estudo foi empregado o cimento asfáltico de petróleo (CAP) 50/70, muito utilizado na pavimentação das vias brasileiras, produto esse originado nas refinarias da PETROBRÁS S.A. As características do ligante foram fornecidas pelo laboratório da distribuidora Casa do Asfalto, localizada em Marialva/PR, e estão apresentadas na Tabela 2.1.

Características	Resultado	Especificação
Penetração (0,1 mm)	58	50 a 70
Ponto de Amolecimento (°C)	47,5	≥ 46,0
Viscosidade Saybolt Furol a 135 °C (s)	157	≥ 141,0
Viscosidade Brookfield a 135 °C (cP)	304	≥ 274,0
Viscosidade Saybolt Furol a 150 °C (s)	88,3	≥ 50,0
Viscosidade Brookfield a 150 °C (cP)	166	≥ 112,0
Viscosidade Saybolt Furol a 177 °C (s)	33,7	30,0 a 150,0
Viscosidade Brookfield a 177°C (cP)	61,0	57,0 a 285,0
RTFOT – Penetração retida (%)	71	≥ 55
RTFOT – Aumento do ponto de amolecimento (°C)	2,4	≤ 8,0
RTFOT – Ductilidade a 25 °C (cm)	> 100	≥ 20
RTFOT – Variação de massa (%)	-0,017	-0,5 a 0,5
Ductilidade a 25 °C (cm)	> 100	≥ 60
Solubilidade no tricloroetileno (%)	99,9	≥ 99,5
Ponto de fulgor (°C)	314	≥ 235
Índice de suscetibilidade térmica	-1,5	-1,5 a 0,7
Densidade	1,004	-

Tabela 2.1 – Caracterização do Ligante Asfáltico CAP 50/70

Fonte: Casa do Asfalto, 2016

2.1.2 Agregados

O termo agregado, é uma denominação genérica dada aos materiais pétreos aplicados em obras de pavimentação, podendo ser naturais, isto é, encontrados na natureza, ou artificiais, onde é preciso uma modificação das propriedades físicas e/ou químicas dos agregados naturais (DNIT, 2006). No estudo em questão foram empregados agregados basálticos organizados em cinco grupos distintos, levando em conta sua granulometria, assim sendo os mesmos: 3/4", 5/8", 3/8", pó de pedra e areia. Materiais esses derivados da pedreira Catedral, localizada na cidade de Marialva/PR, e utilizados com regularidade por serem abundantes na região e apresentarem características adequadas à pavimentação.

O peneiramento foi efetuado manualmente, com o objetivo de se alcançar maior precisão e diminuir ao máximo margem de erro, assim foi definida a granulometria seguindo-se as peneiras determinadas pela norma do DNIT 031/2016. Assim, para a realização do ensaio de granulometria, os agregados foram fracionados peneira a peneira, logo em seguida foram lavados para se retirar quaisquer tipos de impurezas presentes e secos em estufas. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 2.2.

Série	Abertura (mm)	Quantidade de massa passando (%)				
		3/4"	5/8"	3/8"	Pó	Areia
1"	25,4	100	100	100	100	100
3/4"	19,1	93,2	100	100	100	100
1/2"	12,7	12,1	83,1	100	100	100
3/8"	9,5	1,9	44,5	91,5	100	100
Nº 4	4,8	0,3	2,2	7,6	91,2	99,9
Nº 10	2,00	0,3	0,4	0,5	59,0	99,1
Nº 40	0,42	0,3	0,4	0,4	28,3	53,2
Nº 80	0,18	0,3	0,2	0,3	20,9	1,2
Nº 200	0,075	0,2	0,2	0,3	16,0	0,6

Tabela 2.2 – Granulometria dos Agregados

Fonte: Autor, 2016

2.1.3 Cinzas de Bagaço de Cana-de-açúcar

A cinza usada nessa pesquisa é resultado da queima do bagaço da cana-de-açúcar em usinas de biomassa para produção de energia, após extração do caldo para geração de açúcar e etanol. Contudo, apenas 10% de todo o material queimado e usinado é transformado em cinza e, para FREITAS (2005), a ideia de se usar a cinza de bagaço de cana-de-açúcar como material mineral em obras de engenharia foi dada por dois pontos: primeiro, a cinza apresenta bom rendimento, se comparado a outros materiais siliciosos, por volta de 15%, isso por conta da sua composição química, constituída de 80% de SiO₂ (sílica), sendo a mesma a principal componente dos minerais, como por exemplo a areia. A Tabela 2.3 mostra as análises granulométricas comparativas entre a cinza e a areia.

Série ASTM	Abertura (mm)	% Em peso passando	
		Areia	Cinza
1"	25,4	100	100
3/4"	19,1	100	100
1/2"	12,7	100	100
3/8"	9,5	100	100
Nº 4	4,8	99,9	100
Nº 10	2,0	99,1	99,4
Nº 40	0,42	53,2	94,3
Nº 80	0,18	1,2	18,8
Nº 200	0,075	0,6	3,4

Tabela 2.3 – Análise granulométrica da Cinza

Fonte: Autor, 2016

Para a pesquisa a cinza usada origina-se da Usina Santa Terezinha (USACUCAR), localizada na cidade de Iguatemi/PR. O material foi retirado do local e depositado em um recipiente limpo e homogeneizado, protegido de impurezas e da umidade, até sua aplicação nos ensaios realizados no Laboratório de Pavimentação da Viapar da cidade de Maringá/PR.

2.2 Densidade Máxima Teórica (DMT) – Método Rice

Primeiramente para se efetuar o ensaio foi indispensável o peneiramento, que se realizou logo depois da secagem dos agregados em estufa, sendo utilizadas as peneiras das seguintes séries: 1"; 3/4"; 1/2"; 3/8"; nº 4; nº 10; nº 80 e nº 200. Em seguida selecionados e pesados 2.000 g de agregados, seguindo a granulometria da curva C do DNIT 031/2016, com a utilização de uma bacia metálica, de massa conhecida, para dispor os materiais e com o auxílio de uma balança de alta precisão, para a pesagem, sendo que a mesma por sua vez realizada tanto com a incorporação de areia, quanto com CBC, assim foram separados em dois grupos com cinco conjuntos.

Posteriormente foi pesado o ligante asfáltico em proporções de 3,5%, 4,0%, 4,5%, 5,0%, e 5,5% em relação à massa total da mistura e foram misturados ambos os materiais em temperatura constante e 170°C, definida mediante aos ensaios laboratoriais realizados pela distribuidora, a fim de que o ligante não perca suas propriedades, mas antes de adicioná-lo os agregados foram aquecidos até chegarem a temperatura ideal de 165°C, assim proporcionando uma mistura adequada.

Feitas as misturas asfálticas, as mesmas foram posicionadas em cima de filtros para resfriamento natural e gradiente, como pode-se observar na Figura 2.2, logo após os materiais foram submetidos à fragmentação manual com o objetivo de desprender os agregados.



Figura 2.2 – Mistura Asfáltica em filtros para o resfriamento natural

Fonte: Autor, 2016

Ulteriormente a mistura asfáltica já em temperatura ambiente e fragmentada foi introduzida no Kitasato para medir sua massa, outrora já sendo conhecida a massa do equipamento. Em seguida, foi inserida água, em temperatura de aproximadamente 25 °C, até que a quantidade fosse suficiente para cobrir a mistura asfáltica dentro do equipamento. Então o Kitasato é levado e instalado em uma mesa agitadora mecânica, aplicando-se movimentos circulares, para facilitar a saída do ar localizada nos espaços presentes na mistura, e ao mesmo tempo foi conectado a um dispositivo que causava uma pressão a vácuo residual dentro do equipamento por volta de 25 mmHg, durante um período de 15 minutos (Figura 2.3).

Após o intervalo de vácuo, retornou-se de novo à pressão ambiente dentro do Kitasato, o equipamento imediatamente foi preenchido com água e mediu-se sua massa, para assim se determinar a massa da mistura asfáltica no vácuo. Por fim é possível determinar a DMT com o uso da Equação 2.1.

$$DMT = \frac{A}{A+B-C} \quad (2.1)$$

Em que:

DMT = Densidade máxima teórica da mistura, determinada pelo Método Rice;

A = Massa da amostra seca em ar, g;

B = Massa do Kitasato com volume completo com água, g;

C = Massa do Kitasato + amostra submersa em água, g;



Figura 2.3 – Kitasato Metálico posicionado na mesa agitadora e ligado ao motor a vácuo

Fonte: Autor, 2016

3 | RESULTADOS

3.1 Granulometria das Misturas

Foi determinado a curva granulométrica C do DNIT 031/2016 para a composição dos agregados para o estudo, assim introduzindo frações iguais de cinza (CBC) e areia respectivamente, como indicado nas Tabelas 3.1 e 3.2 na devida ordem. Nada obstante os dois materiais apresentarem curvas bem similares, respeitando os limites especificados por norma conforme os gráficos 3.1 e 3.2.

Gráfico de Misturas									
Pen.	Pen.	% Em peso passando					Mistura	Especificação	
Pol.	mm	3/4"	5/8"	3/8"	Pó	Cinza	Granul.	Mín.	Máx.
-	-	%	%	%	%	%	%	%	%
-	-	18	22	17	36	7	100	FX-C DNIT	
1"	25,4	18	22	17	36	7	100	100	100
3/4"	19,1	16,8	22	17	36	7	98,8	90	100
1/2"	12,7	2,2	18,3	17	36	7	80,5	70	90
3/8"	9,5	0,3	9,8	15,6	36	7	68,7	56	80
Nº 4	4,8	0,1	0,5	1,3	32,8	7	41,7	35	65
Nº 10	2	0,1	0,1	0,1	21,2	7	28,4	22	46
Nº 40	0,42	0,1	0,1	0,1	10,2	6,6	17	8	24
Nº 80	0,18	0,1	0	0,1	7,5	1,3	9	5	15
Nº 200	0,075	0	0	0,1	5,8	0,2	6,1	2	8

Tabela 3.1 – Granulometria dos Agregados com Cinza para as Misturas Asfálticas

Fonte: Autor, 2016

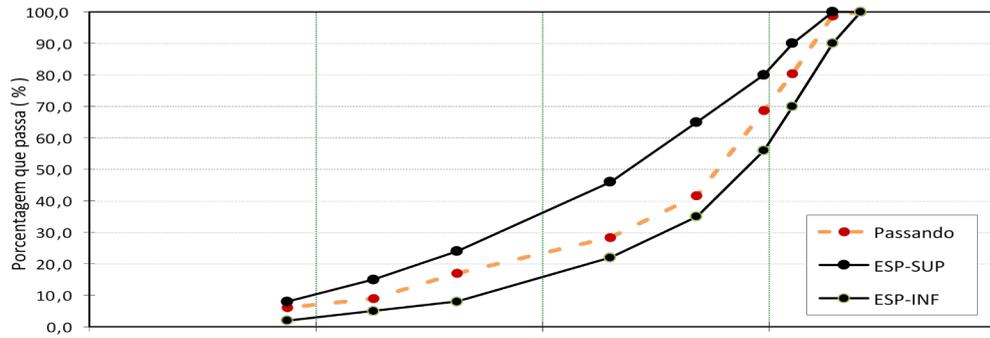


Gráfico 3.1 - Curva Granulometria dos Agregados com Cinza para as Misturas Asfálticas

Fonte: Autor, 2016

Gráfico de Misturas									
Pen. Pol.	Pen. mm	% Em peso passando					Mistura Granul. %	Especificação	
		3/4"	5/8"	3/8"	Pó	Areia		Mín. %	Máx. %
-	-	%	%	%	%	%	100		
-	-	18	22	17	36	7	100	FXC DNIT	
1"	25,4	18	22	17	36	7	100	100	100
3/4"	19,1	16,8	22	17	36	7	98,8	90	100
1/2"	12,7	2,2	18,3	17	36	7	80,5	70	90
3/8"	9,5	0,3	9,8	15,6	36	7	68,7	56	80
Nº 4	4,8	0,1	0,5	1,3	32,8	7	41,7	35	65
Nº 10	2	0,1	0,1	0,1	21,2	6,9	28,4	22	46
Nº 40	0,42	0,1	0,1	0,1	10,2	3,7	14,1	8	24
Nº 80	0,18	0,1	0	0,1	7,5	0,1	7,8	5	15
Nº 200	0,075	0	0	0,1	5,8	0	5,9	2	8

Tabela 3.2 – Granulometria dos Agregados com Areia para as Misturas Asfálticas

Fonte: Autor, 2016

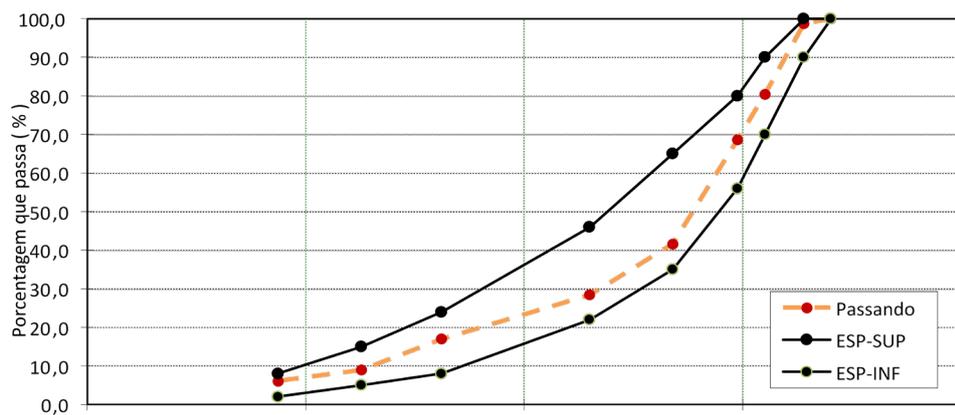


Gráfico 3.2 - curva granulometria dos agregados com areia para as misturas

Fonte: Autor, 2016

Segundo análise comparativa da granulometria dos dois materiais, ambos se mostraram bem congêneres, mas apresentando algumas diferenças notáveis, como ocorre na peneira n º40, grande parte da areia fica retida na peneira, já por outro lado,

a cinza somente pequena porção, sendo que a maioria do material, por sua vez fica retida na peneira nº 80, isso leva a uma graduação pouco gradiente, resultando em maiores espaços vazios nas misturas asfálticas.

3.2 Densidade Máxima Teórica (DMT)

Utilizando-se a Equação 2.1 e os dados mostrados nas tabelas 3.3 e 3.4 para estabelecer os valores da DMT, que por sua vez estão denotados na tabela 3.5. Das amostras analisadas, por meio desses primeiros resultados de medida, as com a presença de cinza em sua composição se revelaram serem mais leves do que as com areia e através de um exame dos valores adquiridos de densidade máxima teórica, pode-se observar que eles são bem semelhantes, nesse caso, comparando as misturas com cinza e com areia, porém houve apenas duas pequenas variações de 0,03 e 0,01, nas amostras com 3,5% e 5,0% de ligante na composição, possivelmente resultado que alguma alteração durante os ensaios (Gráfico 3.3).

Materiais	CAP (%)				
	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Cinza (CBC)	2,74	2,70	2,68	2,66	2,63
Areia	2,71	2,70	2,68	2,65	2,63

Tabela 3.5 – Densidade Máxima Teórica (DMT)

Fonte: Autor, 2017

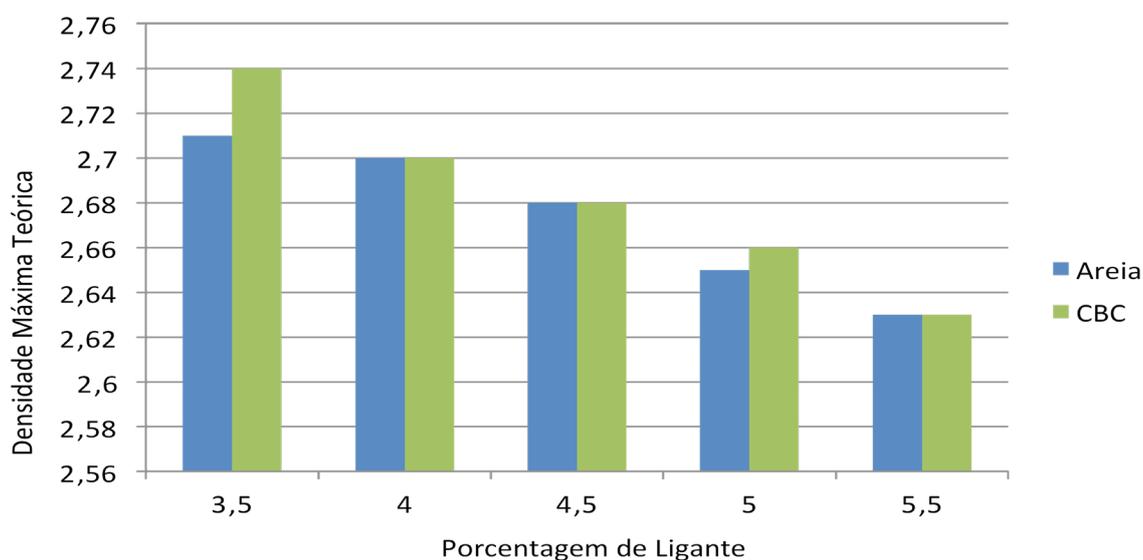


Gráfico 3.3 _ Densidade máxima teórica (DMT)

Fonte: Autor, 2017

4 | CONCLUSÃO

Pode-se observar que mediante a análise dos valores da densidade máxima teórica (DMT) adquiridos nesse estudo, as amostras de misturas asfálticas com areia

tiveram um volume de vazios levemente inferior, entretanto a variação foi pequena entre as amostras com areia e cinza, o CBC por sua vez, também apresentou valores muito satisfatórios, havendo disparidade, relativamente pequenas, nas amostras com 3,5 e 5% de ligante.

Conclui-se que a cinza se apresentou como um material possível de ser usado como substituto parcial da areia, visto que os resultados comparativos da pesquisa mostraram valores semelhantes entre os materiais, merecendo maior atenção e análises mais aprofundadas, sobretudo acerca das densidades efetivas. Para as próximas pesquisas, estudar as características químicas e físicas, ou sejam seu comportamento molecular, e elaborar testes de amostras com diferentes teores de ligantes presentes na misturas, valores intermediários aos estudados na pesquisa, com a finalidade de se obter mais precisão e excelência nas análises.

REFERÊNCIAS

ASTM D 2041 (2000). *Standard test method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures*. American Society for Testing and Materials. Philadelphia.

BARBOSA, Gisele S. (2008). *O desafio do Desenvolvimento Sustentável* – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

BARDINI, V. S. S. (2008). *Estudo de viabilidade técnica da utilização de cinzas da queima da casca de Pinus em obras de pavimentação asfáltica*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

BERNUCCI, Liedi B.; CERATTI, J. A. P.; MOTTA L. M. G. e SOARES, Jorge B. *Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros* – PETROBRAS: ABEDA, 2006, Rio de Janeiro, 2008; 3º Reimpressão 2010.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIN, E. M. R.; TAVARES, L. M. M. Pozzolanic activity and filler effect of sugar cane bagasse ash in Portland cement and lime mortars. *Cement & Concrete Composites*, v.30, p.410-418, 2008.

DNIT (2006). *Manual de Pavimentação*. Publicação IPR-179. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro

DNIT 031/2016 (2016). *Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro

FREITAS, E. de S. *Caracterização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar do município de campos dos goytacazes para uso na construção civil*. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2005.

LEVANTAMENTO DE SEÇÕES COM EMPREGO DO RADAR DE PENETRAÇÃO (GPR) NA RODOVIA BR-153-ANÁPOLIS-GO

Antonio Lázaro Ferreira Santos

Universidade Estadual de Goiás, CCET, Anápolis
- Goiás

Welitom Rodrigues Borges

Universidade de Brasília, Instituto de Geociências,
Brasília-DF

Isabela Resende Almeida

Universidade de Brasília, Instituto de Geociências,
Brasília-DF

Lucas Pereira Gonçalves

Universidade Estadual de Goiás, CCET, Anápolis
– Goiás

Rafael Pereira Lima

Universidade Estadual de Goiás, CCET, Anápolis
– Goiás

Rafael Araujo Rocha

Universidade Estadual de Goiás, CCET, Anápolis
- Goiás

RESUMO: O radar de penetração no solo – GPR - é um método consagrado na investigação de estruturas de pavimentos, normatizada desde 1998 pela ASTM D4748, de ampla aplicação em diversos países. Este trabalho apresenta resultados de investigações com GPR que objetivaram investigar as espessuras das camadas do pavimento flexível presente na BR-153, Anápolis-GO. Utilizou-se de um sistema de GPR acoplado a uma antena blindada de 900 MHz. Para a calibração das velocidades

eletromagnéticas do GPR realizou-se uma cava no pavimento, determinando-se assim as espessuras das camadas de revestimento, base e sub-base. Nas seções de GPR a interface revestimento/base possui uma elevada impedância elétrica, evidenciado pela presença de um refletor contínuo e de alta amplitude; já a interface base/subleito a impedância elétrica é menor, visto a menor variação de amplitude e a descontinuidade dos refletores. Os resultados de GPR confirmam a eficiência do método em estudos de pavimento.

PALAVRAS-CHAVE: Radar de Penetração, pavimento flexível, refletores

ABSTRACT: The Ground Penetrating Radar (GPR) is a method that has been extensively used by foreign researchers for many applications in pavement engineering. GPR survey must be carried out according to the ASTM D4748. This paper shows results of GPR with aims to investigate the thicknesses of the layers of a flexible pavement in Br-153, Anápolis, GO. Used a GPR system coupled to a shielded antenna 900MHz. The GPR sections were performed using the common offset mode. For calibration of the electromagnetic velocity of GPR some samples of pavement were drilled, thereby determining the thicknesses of some asphalt pavement layers. In GPR sections, the interface asphalt pavement and base show

high electrical impedance seen by the presence of a continuous reflector with high amplitude. The base and subgrade interface show medium electrical impedance, since the smaller amplitude variation and the discontinuity of reflectors. The GPR results confirm the efficiency of the method pavement studies.

KEYWORDS: Radar Penetration, flexible floor, reflectors

1 | INTRODUÇÃO

A avaliação de um pavimento é efetuada por meio de procedimentos estabelecidos em normatizações (DNER-PRO 011-1979), cujos resultados geram um diagnóstico sobre as condições funcionais e estruturais do pavimento. O levantamento para a identificação da estrutura de um pavimento consiste na obtenção de dados referentes às espessuras e tipos de materiais usados nas diversas camadas.

Na determinação das espessuras destas camadas, comumente, usam-se métodos destrutivos do pavimento (amostragem de núcleo de revestimento, trincheira, etc.). Entretanto diversos autores Strieder et. al. (1999); Hugenschmidt (2002); Loulizi et. al. (2003); Fauchard et. al. (2003); Jung et. al. (2004); Hugenschmidt e Mastrangelo (2006); Willett et. al. (2006); Loizos e Plati (2007); Saarenketo e Scullion (2010); Xu et. al. (2011); Solla et. al. (2013); e Liu e Sato (2014) mostram a eficiência de alguns métodos não destrutivos na determinação das camadas dos pavimentos, em especial o método geofísico do radar de penetração no solo (GPR). O método GPR utiliza ondas eletromagnéticas em altas frequências (faixa de MHz) para determinar contrastes de impedância elétrica no meio. O método trabalha no domínio do pulso radiante, onde existe a transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas refletidas, difratadas e refratadas no meio. Nas infraestruturas de transporte, em particular, o potencial destes métodos é enorme, atendendo a que se tratam de estruturas com grande desenvolvimento linear (SANTOS, 2015). Nesse sentido, o uso do GPR pode ser usado para gerar levantamentos de forma precisa e ágil em longas extensões, tornando-o uma excelente ferramenta nas atividades de fiscalização e manutenção de vias e rodovias. Este trabalho tem como propósito principal avaliar a metodologia do GPR, através dos padrões de reflexões gerados das diferentes camadas que compõem o pavimento flexível da rodovia 153, no trecho em frente ao Câmpus Henrique Santillo da Universidade Estadual de Goiás em Anápolis-GO.

2 | ÁREA ESTUDADA

A área de estudo está inserida no município de Anápolis, situada na zona rural, inserida na Folha SE-22-X-B-II do Ministério da Defesa. A Via Br-153 (Figura 1) é atualmente a única asfaltada que dá acesso ao edifício da CCET-UEG. Composta por dois sentidos de faixa de rolamento com dois trechos de pavimento com revestimento asfáltico (pavimentos flexíveis), a região onde está localizada a via, possui pouca

declividade.



Figura 1- Imagem de satélite do Câmpus CCET-UEG (Google Earth, 2014), com destaque (quadro amarelo) entrada para UEG, em frente ao trecho da rodovia BR-153.

3 | METODOLOGIA

O princípio de funcionamento do GPR baseia-se em pulsos eletromagnéticos de curta duração e alta frequência central (Figura 2), geralmente contemplada na faixa de 10 a 3000 MHz, que são repetidamente irradiados para o subsolo através da antena transmissora. O sistema de aquisição de dados de GPR consiste de uma unidade de controle, um conjunto de antenas transmissora e receptora, e uma unidade de armazenamento de dados. A antena transmissora tem a função de modular a forma temporal do pulso de radiação, e a antena receptora mede a intensidade do sinal recebido em função do tempo. Durante o percurso dos pulsos, eles perdem amplitude e, à medida que atingem materiais de propriedades eletromagnéticas, tais como: permissividade, condutividade e permeabilidade, contrastantes entre si, sofrem reflexões, refrações e difrações, sendo, por consequência, parcialmente captados pela antena receptora (NUNES, 2002).

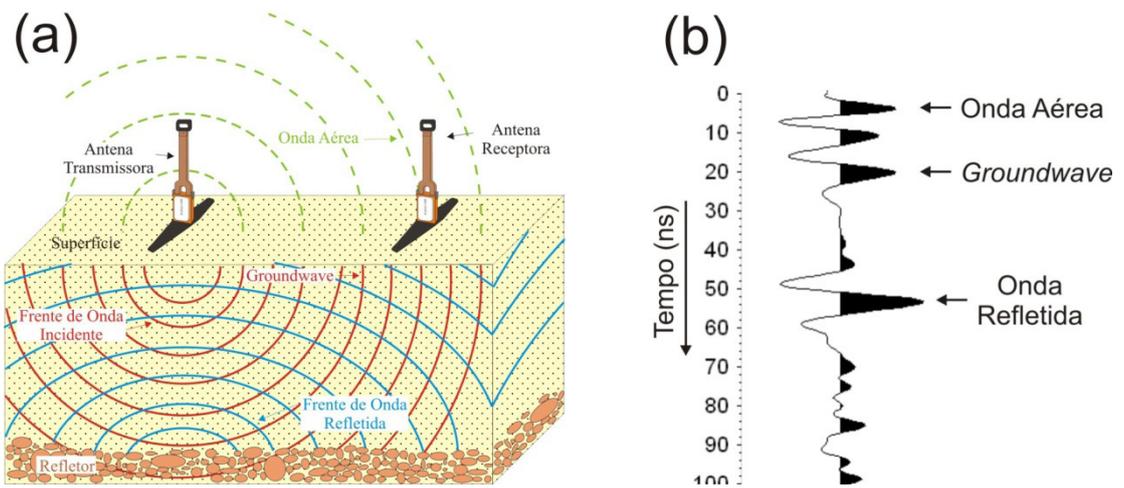


Figura 2 – (a) Diagrama de antenas GPR (modo biestático) com a ilustração do comportamento das principais frentes de onda. (b) Traço esquemático mostra as chegadas das principais frentes de onda do GPR (BORGES, 2007).

Os perfis de reflexão GPR, comumente denominados radargramas, foram obtidos em função das antenas transmissora e receptora com um intervalo de espaçamento constante. O resultado é uma imagem das variações em subsuperfície das propriedades elétricas em função do tempo duplo de percurso do pulso eletromagnético (SOUZA, 2005). Na aquisição de dados de GPR usou-se um par de antenas blindadas de 900MHz acoplado a uma roda odométrica. Na pista adquiriu-se 01 perfil, com comprimento individual de 25 metros, (Figura 3).



Figura 3 - Fotografia evidencia a aquisição de dados de GPR com o sistema SIR3000 acoplado a uma antena blindada de 900MHz.

O processamento dos dados de GPR ocorreu no software REFLEX-W (SANDMEIER, 2015). As etapas do processamento aplicadas a todos os dados correspondem a: ajuste do tempo zero, remoção do ganho de campo (*remove header gain*), ganho linear, filtro passa banda trapezoidal (400-600-1200-1600), migração 2D (diffraction stack – 20 – 0,13) e conversão tempo para profundidade usando-se velocidades variáveis obtidas. Em poço de inspeção realizado no contato da faixa de

rodagem com o acostamento da BR-153, registrou-se, a espessura do revestimento na fase frontal a faixa de rodagem (concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ) de 5 cm; uma espessura de base de 15 cm (solo laterítico) e depois o subleito (Figura 4a e 5).

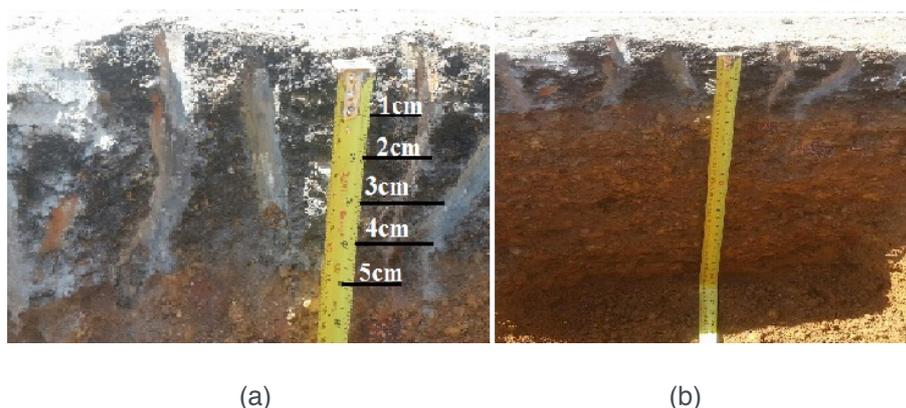


Figura 4 – Fotografias evidenciam o poço de inspeção (a) vista frontal a faixa de rodagem e (b) vista lateral ao acostamento, executado na margem da BR-153

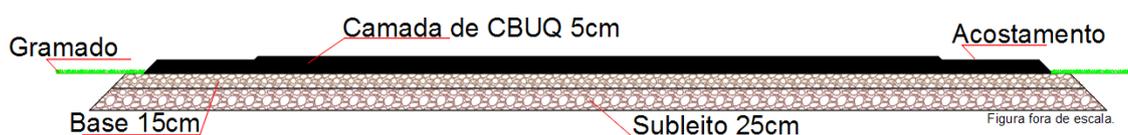


Figura 5 – Desenho da seção típica da estrutura do pavimento investigado da BR-153.

Com as informações das espessuras das camadas dos pavimentos, e a correlação com os refletores relacionados a cada interface, calcularam-se as velocidades de propagação da onda eletromagnética nos meios.

A velocidade de propagação da onda eletromagnética da camada de revestimento foi de 0,055 m/ns; já para a camada de base a velocidade calculada foi de 0,083 m/ns. Após as obtenções das velocidades do GPR optou-se pela elaboração de modelos de camadas no software Reflex-W, módulo de interpretação 2D. Neste módulo, usa-se inicialmente a rotina de *pick* para determinar a posição espacial dos refletores no domínio do tempo. Assim gera-se um arquivo ASCII onde se tem a posição em distância de cada ponto interpretado, bem como o tempo de transito que o mesmo ocorre, e posteriormente com a informação da profundidade gera-se a informação da profundidade do mesmo, ao longo de todos os traços amostrados na seção de GPR. Com estes arquivos ASCII analisa-se a variabilidade das espessuras das camadas ao longo de todo o pavimento investigado.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos com o GPR possibilitaram a identificação das principais camadas geotécnicas que compõem o pavimento flexível na área investigada.

Nas investigações identificaram-se 3 principais padrões de reflexão característicos de cada camada do pavimento:

- a. PADRÃO DE REFLEXÃO 1 (PR1) – este padrão possui ausência de refletores. A ausência de refletores é característica de materiais homogêneos (Figura 6);
- b. PADRÃO DE REFLEXÃO 2 (PR2) – mostra refletores de média a alta amplitude, horizontais e refletores contínuos a descontínuos. A descontinuidade de refletores, bem como de amplitude são característicos de materiais heterogêneos vertical e horizontalmente (Figura 6); e,
- c. PADRÃO DE REFLEXÃO 3 (PR3) – caracteriza-se pela presença de refletores contínuos, refletores horizontais a inclinados, com média a alta amplitude. Em pavimentos, a presença de refletores inclinados comumente é característica de camadas do subleito do pavimento (Figura 6).

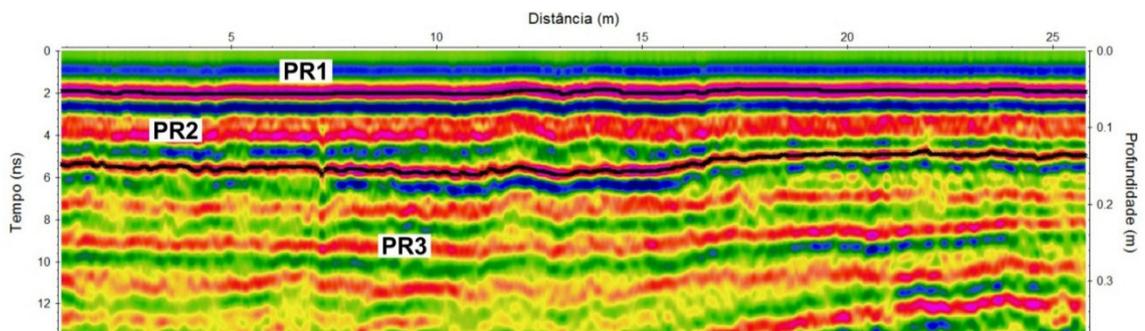


Figura 6 – Parte de uma seção de GPR que evidencia os padrões de reflexão determinados neste trabalho para as camadas geotécnicas do pavimento.

Com as informações das respectivas camadas do pavimento, obtidas com o poço de inspeção, interpretou-se o PR1 (de 0.00 a 0.05m, aproximadamente) como a camada de revestimento de CBUQ, o PR2 (de 0.05 a 0.15m aproximadamente) como a camada de material laterítico da base, e o PR3 como o material do subleito (Figura 7).

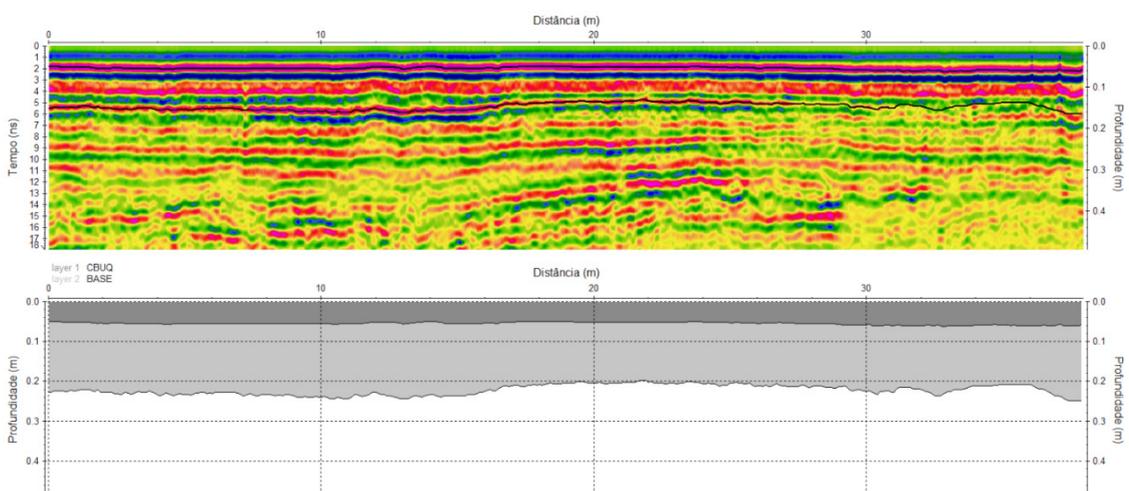


Figura 7 – Seção de GPR exemplifica a interpretação adotada neste trabalho para as camadas geotécnicas do pavimento flexível da BR-153.

A partir dos radargramas acima, consegue-se extrair os dados obtidos pelo georadar relacionados a espessura das camadas do pavimento. Nestes, tem-se evidenciado uma camada de revestimento de, em média, 5cm de espessura, o que mostra-se coerente com a amostra do poço. Além disso, o GPR também evidencia, através do contraste entre as camadas, uma base que vai de 15cm à 17cm de espessura, o que está de acordo com as amostragens obtidas nos poços.

5 | CONCLUSÕES

Neste trabalho fez-se a apresentação dos resultados preliminares obtidos em levantamentos realizados com o GPR em estruturas de pavimentos. Por meio da antena de 900 MHz foi possível diferenciar os padrões de reflexão e atestar a veracidade e eficiência do equipamento, uma vez que os dados obtidos PR1 (de 0.00 a 0.05m, aproximadamente) camada de revestimento de CBUQ. PR2 (de 0.05 a a.15m aproximadamente) camada de material laterítico da base e o PR3 material do subleito, encontram-se de acordo com o perfil de amostragens da rodovia. Recomenda-se que sejam realizados outros perfis, ao longo da Br 153, para verificar se existem variações nas espessuras estratigráficas dos pavimentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Geofísica Aplicada da Universidade de Brasília pelo empréstimo do equipamento GPR. Ao técnico Péricles de Brito Macedo pelo auxílio durante a etapa de aquisição de dados de GPR.

REFERÊNCIAS

FAUCHARD, C.; DEROBERT, X.; COSTA, P. GPR performances for thickness calibration on road test sites. *NDT e Internacional*, v.36, p. 67-75, set. 2003.

JUNG, G; J. JUNG; S. CHO; H. KIM. Evaluation of Road Settlements on the Soft Ground from GPR Investigations, **Proc.: Tenth International Conference on Ground Penetrating Radar**, Delft, The Netherlands, 5p. , jun. 2004.

LIU, H.; SATO, M. In situ measurement of pavement thickness and dielectric permittivity by GPR using an antenna array, **NDTeE International**, v. 64, pg.65-71.

LOIZOS, A.; PLATI, C. Accuracy of pavement thicknesses estimation using different ground penetrating radar analysis approaches, **NDTeE International**, v. 40, n.2, p.147–157, 2007.

LOULIZI, A.; AL-QADI, I.L.; LAHOUAR, S. Optimization of Ground- Penetrating Radar Data to Predict Layer Thicknesses in Flexible Pavements, **J. Transp. Eng.**, pg. 93-99, 2003.

SAARENKETO, T.; SCULLION, T. Road evaluation with ground penetrating radar, **Journal of Applied Geophysics**, v. 43, pg. 119-138, 2000.

SOLLA, M.; GONZÁLEZ-JORGE, H.; VARELA, M.; LORENZO, H. Ground-Penetrating Radar for Inspection of In-Road Structures and Data Interpretation by Numerical Modeling, **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, pg.749-753, 2013.

STRIEDER, A.J.; GONÇALVES, F.P.; SALVADORETTI, P.; CERATTI, J.A.P.; KLEIN, S.L.; HIRAKATA, A.M. Aplicação de Geo-Radar em Investigações de Pavimentos Rodoviários: Estudo de Casos em Estruturação Estratigráfica e em Degradação, **Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**, São Pedro, São Paulo, pg. 1-13, 1999. v. CD-ROM.

WILLET, D.A.; MAHBOUB, K.C.; RISTER, B. Accuracy of Ground-Penetrating Radar for Pavement-Layer Thickness Analysis, **Journal of Transportation Engineering**, pg. 96-103, 2006.

XU, P.; F. M.; WANG, X. L. LI, Y. C. CAI. Comparisons Between New and Traditional NDT Devices and Control Methods to Construction Quality of Highway Subgrade, **Geotechnical Special Publication**, ASCE, n. 215, pg. 83-91, 2011.

MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO MEIO URBANO: O CASO DE BRASÍLIA

Tereza Cristina Esmeraldo de Oliveira

Universidade de Brasília, PPGFAU/UnB.

Brasília-DF

Maria do Carmo de Lima Bezerra

Universidade de Brasília, PPGFAU/UnB.

Brasília-DF

RESUMO: Este artigo apresenta a evolução dos sistemas de drenagem urbana até o momento atual onde os sistemas de manejo sustentável das águas pluviais passam a ser o paradigma desejável como solução que articule forma urbana e drenagem, com grande evolução nos países desenvolvidos. Os aspectos relativos à legislação de uso e ocupação do solo e ao saneamento básico são analisados para verificar como interagem aspectos técnicos e base normativa. O caso estudado é o Distrito Federal, sua base legal, conceitos e técnicas do planejamento urbano e do manejo das águas pluviais adotados. Como resultado, o exemplo analisado demonstra que a introdução de medidas estruturais e não estruturais de manejo sustentável das águas de chuva é o caminho a ser adotado no enfrentamento dos problemas de alagamentos urbanos, mas ainda existem resistências no âmbito governamental para adoção das soluções não ortodoxas que integrem gestão territorial com soluções de drenagem.

PALAVRAS-CHAVES: Drenagem sustentável; Distrito Federal; Planejamento urbano

ABSTRACT: This article presents the evolution of urban drainage systems to the present moment where sustainable urban storm water management systems become the desirable paradigm as a solution that articulates urban form and drainage with great evolution in developed countries. The aspects related to land use and land use legislation and to basic sanitation are analyzed to verify how technical aspects and normative basis interact. The case studied is the Federal District, legal basis and concepts and techniques of urban planning and stormwater management adopted. As a result, the example analyzed shows that the introduction of structural and non-structural measures for the sustainable management of Rainwater is the path to be used in order to cope with the problems of urban flooding, but there is still resistance in the governmental scope to adopt unorthodox methods that integrate territorial management with drainage solutions.

KEYWORDS: Sustainable drainage Federal District; Sustainable urban planning

1 | INTRODUÇÃO

O solo é utilizado pelas águas das chuvas como espaço para filtração e recarga dos

aquíferos, de forma a manter os cursos d'água. São estas águas que serão necessárias para fornecer os insumos para o desenvolvimento econômico, o consumo humano, o tratamento de rejeitos, dentre outros serviços ambientais, além da manutenção da biodiversidade.

A urbanização modifica o ciclo hidrológico devido a impermeabilização e a alteração da cobertura vegetal. A diminuição das áreas de coberturas naturais compromete o ciclo hidrológico porque a vegetação desempenha um controle qualitativo e quantitativo, promovendo a infiltração, a interceptação, o controle de poluentes, o controle de erosão, a evapotranspiração e a diminuição do escoamento superficial. (TUCCI, 1997).

A urbanização altera os percentuais de evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial no meio e a quantidade de água na bacia hidrográfica, como ilustrado na Figura 1.

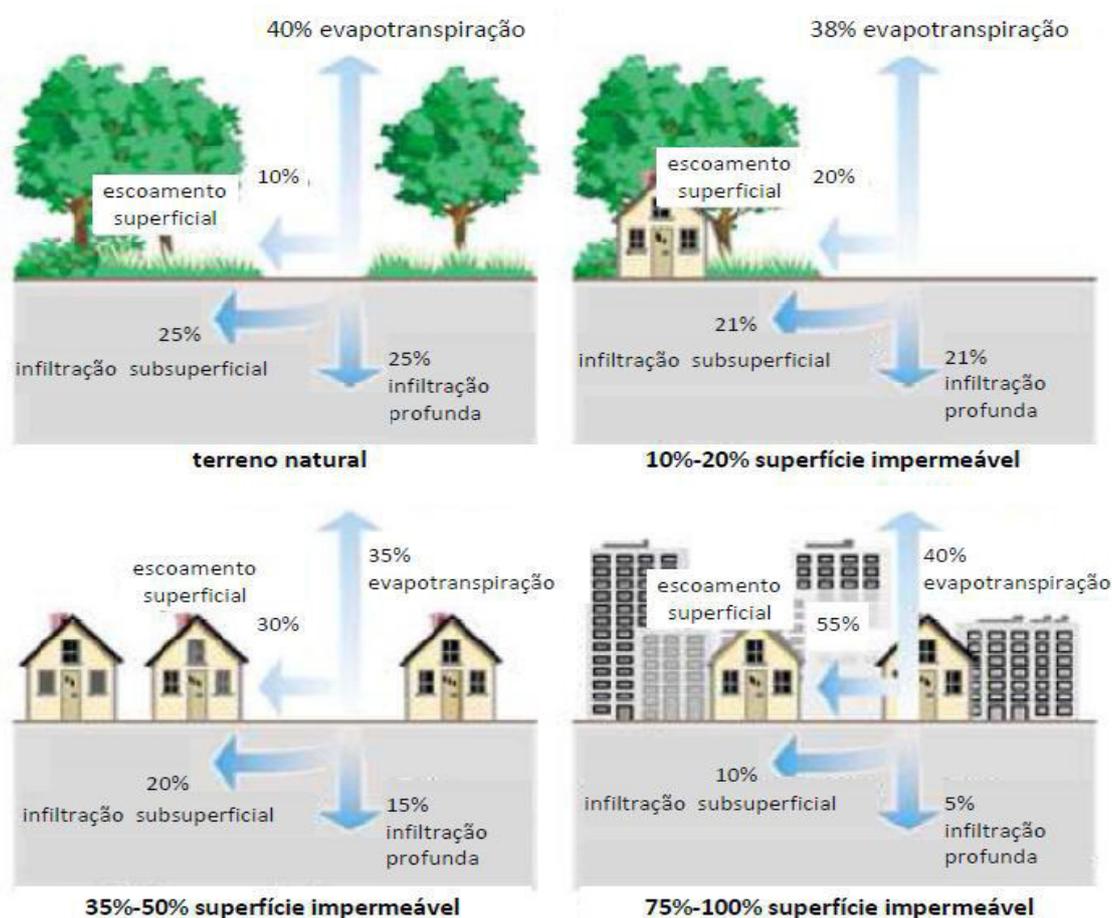


Figura 1: Alterações nas parcelas do ciclo hidrológico em diferentes fases da urbanização. Fonte: FISRWG, (2001)

Camapum e Lelis (2010) enfatizam que a expansão urbana desordenada ou mal planejada gera impactos ambientais como: desmatamento, erosão, assoreamento de rios e reservatórios, acúmulo de resíduos sólidos em áreas inapropriadas, contaminação do lençol freático e impermeabilização excessiva do solo.

A impermeabilização do solo provoca a redução da capacidade de infiltração natural das águas de chuva gerando a redução nos volumes das águas subterrâneas.

Aumenta o volume e a velocidade do escoamento das águas de chuva, gerando erosões. Estimula o transporte de sedimento pelas águas de chuva, gerando assoreamento dos corpos hídricos. Gera o comprometimento da qualidade das águas dos cursos d'água e lagos devido ao transporte da poluição urbana pelas águas de chuva. Provoca enchentes e inundações.

Segundo Tucci (2005, p.19) o escoamento pluvial transporta sedimentos cuja quantidade depende do estágio em que se encontra o desenvolvimento urbano, quais sejam:

a. estágio de pré-desenvolvimento: a bacia hidrográfica naturalmente produz uma quantidade de sedimentos transportada pelos rios em razão das funções naturais do ciclo hidrológico;

b. estágio inicial de desenvolvimento urbano: quando ocorre modificação da cobertura da bacia, pela retirada da sua proteção natural, o solo fica desprotegido e a erosão aumenta no período chuvoso, aumentando também a produção de sedimentos. Exemplos dessa situação são: enquanto um loteamento é implantado, o solo fica desprotegido; ruas sem pavimento; erosão pelo aumento da velocidade do escoamento a montante por áreas urbanizadas; na construção civil por falta de manejo dos canteiros de obras onde ocorre grande movimentação de terra. Esse volume é transportado pelo escoamento superficial até os rios. Nessa fase, existe predominância dos sedimentos e pequena produção de lixo;

c. estágio intermediário: parte da população está estabelecida, ainda existe importante movimentação de terra por causa de novas construções. Em virtude da população estabelecida, existe também uma parcela de resíduos sólidos que se soma aos sedimentos;

d. estágio de área desenvolvida: nessa fase praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas, resultando numa produção residual de sedimentos em razão das áreas não-impermeabilizadas, mas a produção de lixo urbano chega ao seu máximo com a densificação urbana.

O manejo sustentável das águas de chuva tem como objetivo diminuir os impactos da expansão urbana em relação a quantidade e a qualidade da água pluvial, privilegiando a integração da água à cidade, recuperando seus valores ambientais e paisagísticos.

2 | EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM NO MEIO URBANO

No século XX houve um avanço significativo nas técnicas e na gestão das águas pluviais no meio urbano devido aos problemas e desafios causados pelo aumento e concentração populacional, pelo crescimento industrial e pela deterioração das condições ambientais, em especial, das águas.

Até 1970 os sistemas de drenagem urbana foram baseados no rápido escoamento do excesso pluvial pelas ruas até os rios por canalização, fornecimento de água para consumo com retirada à montante e coleta de esgotos e despejo, sem tratamento, à jusante. A preocupação era retirar para longe das pessoas os riscos de proliferação de doenças. Essa fase é denominada higienista (TUCCI, 2005; KOIDE, 2016).

O despejo sem tratamento dos esgotos sanitários nos rios, o transporte da poluição urbana pelas águas de chuva, os depósitos de resíduos sólidos urbanos que contaminam as águas superficiais e subterrâneas e a contaminação das águas subterrâneas por despejos industriais e domésticos, promoveram o chamado ciclo de contaminação das águas. Uma das consequências desta forma de expansão urbana sem visão ambiental é a deterioração dos mananciais e a redução da cobertura de água segura para a população, ou seja, a escassez qualitativa (TUCCI, 2005).

Em 1975, a “Clean Water Act” (Lei da Água Limpa) nos Estados Unidos, definiu que todos os efluentes deveriam ser tratados com a melhor tecnologia disponível para recuperação e conservação dos rios. Isso permitiu melhorar as condições ambientais, evitar a proliferação de doenças e a deterioração de fontes de abastecimento. Verificou-se que era insustentável continuar a construção de obras de drenagem que aumentassem o escoamento em razão da urbanização, como a canalização de rios naturais. Os sistemas de drenagem então avançaram para realizar o tratamento do esgoto doméstico com implementação de total cobertura de coleta e tratamento e o controle de inundações com técnicas de amortecimento. Essa fase é denominada corretiva e ocorreu no período de 1970 a 1990 (TUCCI, 2005; KOIDE, 2016).

Tucci (2005) esclarece que a qualidade das águas pluviais escoada pela canalização depende da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana. Com o adensamento urbano e o aumento do consumo, ocorreu o aumento da impermeabilização do solo, da geração de resíduos e sua disposição inadequada. O escoamento pluvial acaba transportando estes resíduos para o sistema de drenagem, agravando a poluição nos rios.

Verificou-se que não bastava atuar sobre o problema no fim do processo, faz-se necessário trabalhar preventivamente na origem. Essa fase é denominada sustentável e teve início em 1990. Consiste no planejamento da ocupação do espaço urbano obedecendo aos mecanismos naturais de escoamento; no controle dos micropoluentes, no controle da poluição difusa e a recuperação da infiltração (TUCCI, 2005; KOIDE, 2016).

Estes períodos refletem os avanços alcançados pelos países desenvolvidos. Os países em desenvolvimento estão tentando sair da primeira fase para uma ação corretiva dentro da fase sustentável. Tucci (2005) nos informa também que o Eng. Saturnino de Brito, no início do século 20, planejou algumas cidades brasileiras segundo a concepção sustentável e estava adiante do seu tempo.

Com a impermeabilização do solo a água de chuva que infiltrava passa a

escoar pela canalização de drenagem urbana, aumentando o volume do escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização, passa a escoar através de superfícies impermeáveis, condutos e canais, exigindo maior capacidade de escoamento e aumento do diâmetro das tubulações e declividade da canalização.

Segundo Tucci (2005) a canalização tende a representar custos de 6 a 10 maiores que o amortecimento do escoamento. As medidas de infiltração tendem a ter custos ainda 25% inferiores ao amortecimento.

Camapum et al (2010) preconizam algumas medidas preventivas importantes para o desenvolvimento urbano sustentável que podem minimizar os impactos da impermeabilização do solo, dentre elas a definição do traçado urbanístico levando-se em conta as características geomorfológicas, climáticas e o controle do escoamento superficial, de modo a favorecer a infiltração e reduzir os efeitos dos picos de chuva, além da definição da taxa de ocupação apropriada às condições ambientais vigentes.

O planejamento do desenvolvimento urbano e das suas infraestruturas sobre bases sustentáveis exige abordagens multidisciplinares que permitam antecipar e avaliar os impactos das intervenções na bacia hidrográfica, em detrimento de tratamentos tradicionais, que impedem uma compreensão das interações e da dinâmica dos processos sócio-ambientais que ocorrem no território. A adoção dessa estratégia visa realizar a implantação urbana com menor impacto negativo possível, de modo a gerar menor custo financeiro e ambiental, presentes e futuros, garantir meio ambiente equilibrado e qualidade de vida a população.

3 | PLANEJAMENTO URBANO E SISTEMAS DE DRENAGEM NO BRASIL

O Brasil tem avançado no estabelecimento de legislação e programas para estimular o desenvolvimento sustentável no planejamento urbano e na gestão das águas pluviais.

O Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) define que o plano diretor é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana. Dentre suas diretrizes gerais tem a garantia do direito a cidades sustentáveis; o planejamento do desenvolvimento das cidades de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente; a ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar os usos excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana e a poluição e a degradação ambiental, dentre outros; a adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental do Município e do território sob sua área de influência.

A Lei nº 12.608/2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, introduziu no Estatuto da Cidade a obrigatoriedade dos municípios com áreas de riscos a adoção de medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à

mitigação de impactos de desastres; a identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais, quando for o caso, com vistas à redução da impermeabilização das cidades e que o conteúdo do plano diretor deverá ser compatível com as disposições dos planos de recursos hídricos, formulados de acordo com a legislação de recursos hídricos (Lei nº 9.433/1997).

A Lei de Saneamento (Lei nº. 11.445/2007) define que o saneamento básico é composto por abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais. Esta Lei prevê que os serviços prestados pelas cidades devem atender a legislação de recursos hídricos (art. 4º, parágrafo único). Segundo esta lei, os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas em que estiverem inseridos além de serem articulados com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de proteção ambiental, dentre outras.

O Ministério das Cidades, por meio do Programa de Drenagem Urbana Sustentável, procura promover articulação da gestão da drenagem urbana com as políticas de desenvolvimento urbano, de uso e ocupação do solo e de gestão das respectivas bacias hidrográficas. Estimula a gestão sustentável da drenagem urbana com ações estruturais e não-estruturais dirigidas à recuperação de áreas úmidas, à prevenção, ao controle e à minimização dos impactos provocados por enchentes urbanas e ribeirinhas (Ministério das Cidades, 2012).

O programa apóia diretrizes de drenagem que sejam previstas no Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), e que sejam compatíveis com o Plano Diretor Municipal, com o Plano de Saneamento Básico, com o Plano de Bacia Hidrográfica e com os Planos de Desenvolvimento Regional, ou equivalentes, quando existentes. Em casos de municípios que não tenham o PDDU, os recursos concedidos deverão ser utilizados em sua elaboração, devendo este necessariamente atender aos princípios de Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas, apresentados pelo programa (Ministério das Cidades, 2012).

A gestão dos recursos hídricos tem sido realizada por bacia hidrográfica, no entanto a gestão do uso do solo é realizada pelo município ou grupo de municípios numa região metropolitana. O desafio é realizar a gestão de acordo com a definição do espaço geográfico externo e interno a cidade, em harmonia com o meio físico e biótico. Desta forma busca-se garantir a disponibilidade hídrica com qualidade para todos os usos; manter a qualidade da água dos rios a jusante e evitar impactos devido à urbanização na drenagem urbana e nas áreas ribeirinhas.

4 | PRINCÍPIOS DO MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MEIO URBANO

No esforço de elaboração da gestão sustentável das águas urbanas surgiu na

década de 80 o conceito de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (Low Impact Development), nos Estados Unidos, a abordagem australiana de Water Sensitive Urban Design (WSUD) e a abordagem britânica de Sustainable Drainage Systems (SuDS). Estas abordagens propõem uma forma de planejamento urbano sustentável por meio do emprego de planejamento multidisciplinar integrado, da busca de soluções locais e nas práticas de tratamento e controle das águas pluviais em pequena-escala para replicar o comportamento hidrológico natural em configurações urbanas. (SOUZA, CRUZ, TUCCI, 2012).

O Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto tem como princípios o uso e ocupação do território elaborado de forma integrada com princípios de manejo sustentável dos recursos naturais. Evita padronizações e estimula a elaboração de projetos que respeitem peculiaridades locais naturais e assegurem a proteção de toda a bacia hidrográfica. Promove a integração entre o projeto de implantação e as funções das infraestruturas e não apenas a busca de espaço para as infraestruturas dentro do design de um projeto. (SOUZA, CRUZ, TUCCI, 2012).

Este planejamento busca promover o controle do escoamento superficial onde a chuva atinge o solo (controle de escoamento na fonte) utilizando técnicas de manejo de forma integrada ao ambiente para recriar processos hidrológicos naturais. Trabalha a integração das áreas verdes no processo de controle do escoamento com a preservação de vegetação e solo nativos, o emprego de áreas permeáveis e a manutenção de caminhos naturais de drenagem. Privilegia a manutenção da permeabilidade do solo, a reservação, a infiltração e a utilização das águas pluviais. Estimula o uso das águas de chuva como fonte de água para diversos fins, tanto dentro como fora dos lotes, pelos entes públicos e privados. Desta forma, há diminuição dos volumes escoados e da necessidade de fornecimento de grande volume de água captada dos mananciais. Recomenda o uso de medidas tanto estruturais como não-estruturais tais como a educação ambiental, a participação e capacitação dos cidadãos (inclusive de profissionais), o desenho urbano e a regulação do uso do solo. (SOUZA, CRUZ, TUCCI, 2012).

O objetivo é que a área urbanizada tenha um comportamento aproximado às condições hidrológicas de pré-desenvolvimento, com maior tempo de detenção do escoamento pluvial, maior infiltração e recarga dos aquíferos, menor escoamento superficial, menores níveis de erosão e de poluição das águas e, conseqüentemente, menores impactos negativos, menores custos para a mitigação de impactos, recuperação sócio-econômica e ambiental e menores investimentos para fornecimento dos recursos ambientais necessários ao desenvolvimento sócio-econômico.

4.1 Elementos de manejo das águas pluviais na composição da paisagem urbana

Os sistemas de manejo sustentável das águas de chuva podem ser implantados no tratamento paisagístico dos espaços abertos, de todos os tamanhos e em todos

os locais. É uma forma de emprego de áreas com vegetação para exercerem funções infraestruturais relacionadas ao manejo das águas urbanas e da biodiversidade, além de promover o embelezamento local. Souza, Cruz e Tucci (2012) enfatizam que as práticas paisagísticas usuais não encorajam a preparação adequada de áreas de plantio para readquirir benefícios hidrológicos do solo natural. Como resultado, solos em áreas abertas podem gerar escoamento de forma similar a áreas impermeáveis.

Existem diversos sistemas de drenagem que auxiliam na execução das funções de manutenção da permeabilidade do solo, da infiltração das águas de chuva, do controle do escoamento e da utilização das águas pluviais que podem ser empregados na composição da paisagem urbana. Podem ser de infiltração, retenção ou detenção.

Os sistemas de infiltração capturam um volume de escoamento superficial e infiltram no solo. Tem como finalidade o controle da quantidade e da qualidade da água e a recarga dos aquíferos. Utilizam como meio de filtração material granular tais como areia, o solo, material orgânico, ou uma membrana para eliminar a poluição difusa transportada pelo escoamento. Fatores naturais, como porosidade do solo, geomorfologia, cobertura vegetal, e fatores antrópicos, como desmatamento e impermeabilização, são fatores determinantes na taxa de infiltração do solo (CAMAPUM, LELIS, 2010). Neste sistema temos: jardins de chuva, canteiros pluviais, biovaletas, bacias de infiltração, pavimento permeável, trincheiras de infiltração, poços de infiltração etc. (Figura 2).



Figura 2. Foto da esquerda mostra rua em forma de onda e sem meio fio que permitem a infiltração de parte do escoamento nas laterais com vegetação. Na foto da direita é apresentada uma área de infiltração num canteiro. Fonte: Weinstein, (2003), apud Tucci, (2005)

Os sistemas de retenção capturam um volume de escoamento e mantêm esse volume até que seja infiltrada em parte. Podem utilizar a vegetação para melhoria na qualidade e controle da quantidade de água. Também podem ser implementados a nível de lote. Os volumes retidos podem ser aproveitados para irrigação, lavagem de superfícies e outros usos. Incluem dispositivos como lagoas pluviais, coberturas verdes, poços e cisternas.

Os sistemas de detenção capturam um volume escoado e retêm temporariamente

esse volume para posterior liberação gradual para o sistema de drenagem. São projetados para esvaziar completamente após as chuvas e, portanto, fornecer, principalmente, o controle da quantidade de água. Quando secas, podem ser integradas a outros usos como recreação e lazer. Podem ser abertas ou subterrâneas.

5 | MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS EM BRASÍLIA - MODELO TRADICIONAL E SUAS CONSEQUÊNCIAS.

O Distrito Federal foi criado em 1957 com o objetivo de transferir a capital do país e de interiorizar seu desenvolvimento. A cidade de Brasília foi planejada e construída com outras regiões administrativas (cidades) que serviram inicialmente de apoio ao desenvolvimento do Plano Piloto. O planejamento da infraestrutura de saneamento do DF é posterior às ocupações iniciais do território. Foi realizado pelo Planidro – Plano Diretor de Água, Esgoto e Controle da Poluição (1970). Em 1975 foi estabelecido um zoneamento sanitário que possuía como foco a regulação da ocupação do Lago Paranoá onde está localizado o Plano Piloto e toda a área tombada (SO/DF, 2008). O Lago Paranoá e seus contribuintes continuaram sendo o foco principal de proteção.

Coimbra (2016) esclarece que todo o Plano Piloto de Brasília (área tombada do DF) é coberto com rede de drenagem e que o sistema implantado foi concebido com conceitos tradicionais, no entanto, devido a crescente impermeabilização do solo, o sistema inicialmente implantado tornou-se subdimensionado.

O destino final da maior parte do escoamento urbano de Brasília é o Lago Paranoá, lago artificial construído junto com a cidade com o objetivo de aumentar a umidade relativa do ar. Este corpo hídrico tem usos múltiplos (lazer, energia, drenagem, esgoto tratado) e está sendo preparado para servir de manancial para o abastecimento de Brasília e outras regiões administrativas (SO/DF, 2008). No entanto, o aumento da impermeabilização, o recebimento das cargas de poluição difusa transportadas pela drenagem urbana e a ocupação das margens do Lago estão provocando seu assoreamento e degradando a qualidade das suas águas.

Costa & Koide (2013) concluíram que as cargas de poluição difusa que chegam ao Lago Paranoá oriundas do sistema de drenagem da Asa Norte nos meses de novembro a janeiro podem ser mais significativas do que a cargas lançadas pelo efluente tratado da ETE que recebe o esgoto doméstico desta área. Menezes (2010) mostra que o assoreamento do Lago vem diminuindo sua área ao longo dos anos. (Figura 3).

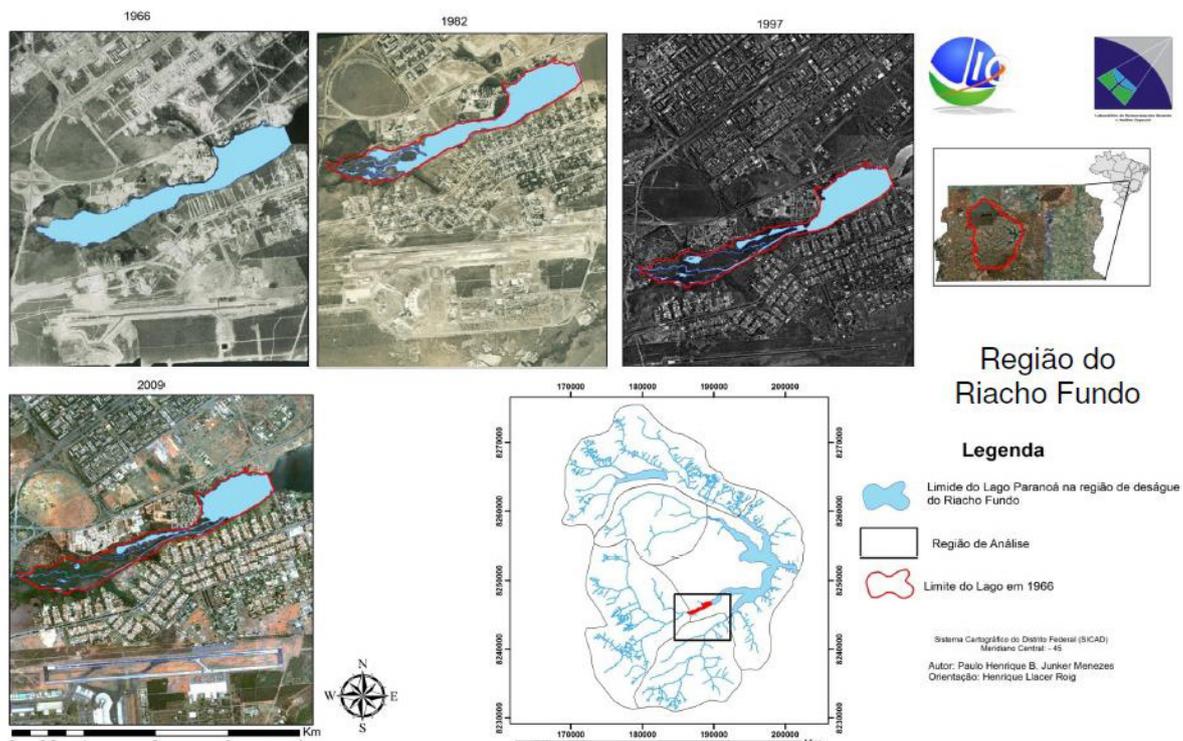


Figura 3 - Variação da área do espelho d'água do lago Paranoá utilizando fotos aéreas ortorretificadas e imagens de satélite ortorretificadas. Fonte: MENEZES, (2010).

5.1 Novas intervenções previstas no PDTU-DF frente às novas concepções de drenagem e os problemas existentes no DF.

Desde os anos 90, A NOVACAP, empresa responsável pela execução e manutenção da infraestrutura de drenagem do DF, numa tentativa de rever e incorporar conceitos de sustentabilidade em relação às águas pluviais, está projetando e executando novos sistemas com a previsão de construção de bacias de retenção e retenção, com o objetivo de reduzir a carga de poluentes e a vazão de pico das águas pluviais a serem lançadas nos corpos hídricos receptores. Atualmente estes projetos estão sendo executados a partir das diretrizes fornecidas pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal - PDDU-DF e da Resolução nº 09/2011, da ADASA, que estabelece como vazão máxima de 24,4 l/s/ha para lançamento das águas da drenagem urbana em corpos hídricos. Existem cadastradas 51 bacias de retenção no DF distribuídas nas diversas Regiões Administrativas (COIMBRA, 2016).

O PDDU-DF foi elaborado em 2008 em cumprimento a lei de saneamento. Esse Plano definiu como objetivo atuar sobre os impactos existentes e a prevenção de impactos futuros. O Relatório 3 do PDDU-DF faz uma análise da articulação existente no DF entre planejamento urbano e o sistema de drenagem. No seu diagnóstico analisa as diretrizes estabelecidas pelo Plano de Ordenamento Territorial do DF - PDOT.

O PDOT propôs maior adensamento das áreas já urbanizadas, otimizando a infraestrutura existente. O PDDU-DF considera este tipo de ação razoável desde que não envolva a perda de espaço verde e da infiltração existente, caso contrário a densificação poderá agravar a impermeabilização. Considera também que não é

razoável a existência de lotes inferiores a 300m² pois tendem a total impermeabilização da área. Analisou que no PDOT não existem parâmetros de expansão que levem em conta os condicionantes de águas pluviais e considerou que o planejamento urbano deveria utilizar os indicadores das águas urbanas, disciplinando o espaço de acordo com os limitantes destes componentes da infraestrutura. (SO/DF, 2008).

A NOVACAP, buscando compensar os efeitos da urbanização e eliminar locais de alagamento, está implementando o Programa Drenar-DF que tem o objetivo de melhorar os sistemas de drenagem urbana, solucionando os problemas recorrentes de inundações, proteção de nascentes e erosões. Neste programa são previstas bacias de retenção e de retenção a serem construídas em trechos da Asa Sul, Asa Norte e no Parque da Cidade. (COIMBRA, 2016).

Maldi, Mendes e Koide (2015) realizaram uma análise da viabilidade das bacias propostas pelo PDDU-DF e uma simulação de alternativas de intervenções para manejo do escoamento superficial em uma das bacias de drenagem do Plano Piloto de Brasília responsável pela maior área drenada do DF. A Sub-Bacia do Centro Olímpico tem como cabeceira o Autódromo Nelson Piquet e como exultório o Centro Olímpico da Universidade de Brasília, abrangendo quadras comerciais, residenciais, o setor de oficinas, escolas e universidades. Foram estudadas as alternativas abaixo visualizadas na figura 4.



Figura 4 – na foto à esquerda temos a localização das bacias de retenção do estudo. Na foto à direita a localização das trincheiras de infiltração. Fonte: Maldy, Mendes e Koide (2015)

O referido estudo demonstra a importância da complementaridade entre técnicas tradicionais com soluções de drenagem sustentável apesar do estudo não ter explorado de modo abrangente os elementos de manejo sustentável das águas pluviais. Está em elaboração um estudo para aplicar o que se denomina infraestrutura verde de modo a verificar como uma gama maior de intervenções na paisagem de Brasília pode aumentar a contribuição dessas soluções para a infiltração das águas decorrentes do escoamento superficial.

A tabela 1 aponta os resultados obtidos:

Situações analisadas	Tempo de retorno de 5 anos e duração de 30 min		Tempo de retorno de 15 anos e duração de 60 min	
	Vazão de pico (m3/s)	Percentual de abatimento	Vazão de pico (m3/s)	Percentual de abatimento
Atual	18,92		23,63	
Alternativa 1 - Bacia 1 – bacia de retenção na L4 norte	2,15	88,64%	2,85	87,94%
Alternativa 2 - Bacia 2 - bacia de retenção na L3 norte	6,03	68,13%	8,37	64,58%
Alternativa 3 - Bacia 3 - bacia de retenção no Eixão norte	14,29	24,47%	20,07	15,07%
Alternativa 4 - Bacia 4 bacia de retenção próxima ao Autódromo	17,27	8,72%	22,79	3,55%
Alternativa 5 – Opção do GDF - Bacia 1 + Bacia 2	4,06	78,54%	7,49	68,30%
Alternativa 6 - Trincheiras de infiltração instaladas na área do autódromo, nas superquadras (100, 200 e 400) norte e nas áreas próximas ao exultório.	13,70	27,59%	20,14	14,77%
Alternativa 7 - Bacia 1 + Trincheiras de infiltração	1,98	89,53%	2,68	88,66%

Tabela 1- desempenho das alternativas. Fonte: adaptado de Maldini, Mendes e Koide (2015)

O Drenar-DF está fundamentado na adoção de soluções compensatórias de drenagem agindo em conjunto com as estruturas convencionais, ou seja, está implementando a fase corretiva no sistema de drenagem. Apesar de possibilitar a melhoria da qualidade e da quantidade do escoamento das águas de chuva, o programa não prevê o controle do escoamento na fonte, tampouco a recuperação da infiltração em toda área urbana, que são princípios da fase sustentável.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ter sido inaugurada em 1960 e de ter inicialmente oferta de grandes áreas verdes, Brasília e todo o DF apresentam hoje os impactos causados pelos problemas de planejamento urbano e drenagem como outras cidades brasileiras: enchentes, inundações, erosões, contaminação e assoreamento de corpos hídricos. O desenho urbano e as áreas verdes existentes não foram planejados para favorecer a infiltração do escoamento pluvial oriundo das vias e a urbanização acelerada formal e informal promoveu a perda de áreas verdes para outros usos com aumento da impermeabilização.

Nos últimos 30 anos, o elevado crescimento populacional no DF, a falta de planejamento e controle urbano e a ocupação desordenada e, muitas vezes, irregular, das principais áreas de infiltração das águas pluviais produzem impactos significativos na disponibilidade de água para os diversos usos no DF. Sendo uma região de nascentes, o DF possui uma rede hídrica superficial formada predominantemente de pequenos córregos. A disponibilidade hídrica no DF está em torno de 1.338 m³/habitante/ano, o que demonstra uma situação de estresse hídrico, segundo critérios desenvolvidos pela Organização das Nações Unidas - ONU (OLIVEIRA, 2010).

As áreas verdes e os espaços abertos ainda disponíveis dentro e fora das quadras, bem como as vias urbanas e suas áreas marginais (calçadas etc) podem cumprir funções infraestruturais de manejo sustentável das águas pluviais por meio de projetos de readaptações e requalificações, a partir de estudos das características hidrológicas, geomorfológicas, dentre outros, em cada local de intervenção.

Essas áreas de Brasília podem ser transformadas a favor da sustentabilidade ambiental da paisagem da cidade por meio de elementos de infiltração e retenção das águas de chuva promovendo o controle do escoamento na fonte e a recuperação da infiltração em toda área urbana. Desta forma podem contribuir para a recuperação dos aquíferos, promover maior disponibilidade hídrica e melhoria da qualidade ambiental sem impactar os corpos hídricos e sem perder suas características de melhoria da paisagem urbana.

Em paralelo a essas mudanças na visão da drenagem no DF esta em curso a elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico do DF da revisão da Lei de Uso e Ocupação do Solo, do Plano Diretor de Ordenamento territorial e do Código de Obras. Também está sendo elaborado o Plano de Saneamento Básico. Legislações e planos essenciais para articulação entre o planejamento urbano e a drenagem.

São oportunidades de ações estruturais e não-estruturais fundamentais para que técnicos e a comunidade em geral possam incorporar na legislação e na prática dos projetos e das obras os princípios de planejamento urbano sustentável e de manejo sustentável das águas de chuva já consolidados em pesquisas e usos no Brasil e no exterior.

REFERÊNCIAS

CAMAPUM, J. C.; LELIS, A. C. **Cartilha infiltração**. - Brasília, 2010. 36 p. Série Geotecnia UnB; v. 2.

COIMBRA, A. R. S. R. O Projeto Drenar DF. In: **Simpósio: Olhares sobre o Manejo de Águas Pluviais no DF: desafios e oportunidades**. ABES, 2016. Disponível em http://www.abes-df.org.br/upload/documentos/2016_03_31/apresentacao-abes-ucb-drenar-df.pdf. Acesso em: 12 dez. 2016.

COSTA, M. E. L.; KOIDE, S. O Impacto da Poluição Difusa Oriunda do Sistema de Drenagem Urbana no Lago Paranoá. In: **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013**, Bento Gonçalves. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. v. 1. p. 1-8.

FISRWG - FEDERAL INTERAGENCY STREAM CORRIDOR RESTORATION WORKING GROUP. **Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices**. Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group, 2001, 637 p.

OLIVEIRA, T.C.E. (Org.). **Uso Sustentável da Água - Utilizar Sabedoria na Interação com a Água**. Brasília: – Instituto Brasília Ambiental - IBRAM, 2008. 24 p. Disponível em: [http://www.ibram.df.gov.br/images/Cartilha %20Uso%20sustentavel%20da%20agua%20reduzida.pdf](http://www.ibram.df.gov.br/images/Cartilha%20Uso%20sustentavel%20da%20agua%20reduzida.pdf). Acesso em: 12 dez. 2016.

KOIDE, S. **Medidas de Controle do Impacto a Montante**. In: Simpósio: Olhares sobre o Manejo de Águas Pluviais no DF: desafios e oportunidades - ABES, 2016. Disponível em: http://www.abes-df.org.br/upload/documentos/2016_03_31/controle-cheias-sergio-koide.pdf. Acesso em: 12 dez. 2016.

MALDI, L. R.; MENDES, L.; KOIDE, S. Manejo de Águas Pluviais no Plano Piloto in XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. **Anais**. Disponível em: www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-593_manejo-de-aguas-pluviais-no-plano-piloto. Acesso em: 16 jan. 2017.

MENEZES, P.H.B.J. **Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na bacia do Lago Paranoá**. 123 f., il. Dissertação de Mestrado em Geociências Aplicadas - Universidade de Brasília, 2010.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Manual para Apresentação de Propostas para Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais**, Ministério das Cidades, Brasília, 2012.

SECRETARIA DE OBRAS DO DISTRITO FEDERAL (SO/DF). Vol. 6. Relatório de Produto 3 in: **Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal**. Brasília, CONCREMAT Engenharia, 2008.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. RBBH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol.17 n.2 - Abr/Jun 2012, 9 -18.

SOUZA, F. P. **Monitoramento e Modelagem Hidrológica de Sub-Bacia do Lago Paranoá - Brasília/DF - e Avaliação de Bacias de Detenção**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. FT. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2014.

TUCCI, C. E. M. Água no Meio Urbano. UFRGS, Brasil, 1997. Disponível em: http://www.pec.poli.br/sistema/material_disciplina/fotos/%C3%A1guanomeio%20urbano.pdf. Acesso em 12 dez. 2016.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas** – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco, 2005. 192p.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Preliminary Data Summary of Urban Storm Water Best Management Practices**. Office of Water (4303) EPA-821-R-99-012. Washington, DC. 1999. 214p.

MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Daniel Cordeiro Ferreira

Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana
Maringá – Paraná

RESUMO: A água ao longo da história demonstra sua relevância quando se é observado o alto desenvolvimento de infraestruturas que proporcionem a utilização desse recurso no contexto urbano. A concepção de sistemas de abastecimento de água é complexa pelo fato de ser constituída de uma multiplicidade de variáveis de ordens técnicas, energéticas e econômicas, condicionando a necessidade de um procedimento de hierarquização da importância de cada elemento dentro desse tipo de projeto. O presente trabalho visa então, por meio de um mapeamento sistematizado de trabalhos publicados em âmbito nacional e internacional, avaliar a utilização das ferramentas de Análise Multicritério dentre as várias componentes de um sistema de abastecimento de água verificando ao longo da última década, a conformidade das pesquisas e trabalhos publicados nas bases de dados selecionadas e dentro dos critérios de busca estabelecidos.

PALAVRAS-CHAVE: Tomada de decisão; Strings de busca; Base de dados; Saneamento urbano; MCA.

ABSTRACT: Water throughout history demonstrates its relevance when it is observed the high development of infrastructures that provide the use of this resource in the urban context. The design of water supply systems is complex because it consists of a multiplicity of variables of technical, energetic and economic orders, conditioning the need for a hierarchical procedure of importance of each element within this type of project. The present work aims, through a systematized mapping of published works at a national and international level, to evaluate the use of Multi-Criteria Analysis tools among the various components of a water supply system during the last decade, research and works published in the databases selected and within the established search criteria.

KEYWORDS: Decision-making; Search Strings; Data Base; Urban Water Supply; MCA.

1 | INTRODUÇÃO

É fato consensual que a água sempre teve papel de grande importância, tanto na subsistência da vida (animal e vegetal) na terra quanto na evolução de sociedades pois é elemento fundamental para a elevação da qualidade do *modus vivendi* humano.

De acordo com Freire (2000), desde os primórdios das sociedades, o homem já buscava viver perto de fontes de água

e desenvolver meios de trazer esse recurso às povoações. Entretanto, apenas no fim do século XIX iniciou-se o desenvolvimento de elementos tubulares capazes de transportar água possibilitando a separação de agentes externos poluidores, suportar elevadas resistências (estruturas enterradas) e adequar os sistemas de deslocamento de água potável às novas máquinas hidráulicas. Ainda segundo Freire (2000), o desenvolvimento desses elementos proporcionou maior importância na questão da prestação dos serviços de abastecimento de água, também se levando em consideração o crescimento exponencial das cidades.

Indo de encontro à relevância da utilização da água, no Brasil, em 2007, a Lei nº 11.445 que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, ordena a prestação dos serviços públicos de saneamento baseada, dentre outros fundamentos, na universalização do acesso à água potável no país e a utilização de tecnologias viáveis, considerando a capacidade de pagamento dos usuários. Nesse último aspecto, o estudo de sistemas de abastecimento de água se une diretamente à questão social e urbana. Todavia, Cunha e Morais (2011) colocam que grande parte dos sistemas de abastecimento de água no Brasil ainda tem dificuldades para atender a demanda por água na quantidade e qualidade necessárias.

É válido ressaltar que o Decreto nº 7.217 que regulamenta a Lei nº 11.445, no artigo 3º, item VII, estabelece como princípio essencial ao serviço de abastecimento público de água a “eficiência e sustentabilidade econômica” (BRASIL, 2010). Ainda, de acordo com a norma ABNT NBR 12.211:1992 – “Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água”, a concepção básica de um projeto de saneamento deve apresentar a melhor solução sob os pontos de vista técnico, econômico e financeiro.

Torna-se então necessário estabelecer uma análise, para se definir a tomada de decisão, analisando detalhadamente cada componente de um sistema de abastecimento de água e sua influência ao resultado total do projeto, em termos de viabilidades econômicas. A análise multicritério (*Multi-Criteria Analysis* – MCA), então, pode ser uma ferramenta de grande utilidade para classificar em níveis e atribuir prioridades às variáveis de projeto para cada situação analisada.

1.1 Análise Multicritério

De acordo com Almeida (2010), para a observação de cada objetivo em um estudo é importante a determinação de atributos, pois os atributos referem-se ao grau em que os objetivos estão sendo atendidos. Atributo também pode ser designado como medida de eficiência, performance e critério. Nesse sentido, a análise multicritério (MCA) é a estrutura com finalidade de avaliar opções de decisão dentre os múltiplos atributos (HAJKOWICZ; HIGGINS, 2008)

A Análise de Decisão Multicritério auxilia o projetista a resolver situações de conflito nas quais inúmeras condições devem ser estabelecidas de forma simultânea (WEISTROFFER et al., 2005). O processo consiste das seguintes etapas:

1. Definir as alternativas;
2. Definir os critérios relevantes para o problema de decisão;
3. Avaliar as alternativas em relação aos critérios;
4. Avaliar a importância relativa de cada critério;
5. Determinar a avaliação global de cada alternativa.

Uma variedade de técnicas para “resolver” um problema multicritério tem crescido rapidamente nas últimas décadas. Hajkowick e Higgins (2008), por exemplo, revisam 79 pacotes de softwares MCA os quais implementam uma variedade de métodos multicritérios. De acordo ainda com Almeida (2010), os métodos de análise de decisão são utilizados em diversas áreas, desde administrativas até acadêmicas ou mesmo de engenharia. Assim, aliando tal ferramenta com a proposta hidráulica demandada, pode-se obter resultados satisfatórios e conclusivos quanto a melhor alternativa para cada sistema com suas particularidades.

Assim, o trabalho proposto tem como objetivo verificar, por meio de uma análise quantitativa (mapeamento sistemático) e qualitativa (compreensão da proposta dos artigos definidos como correlatos), trabalhos publicados que relacionam a aplicação de ferramentas desenvolvidas no ambiente de decisão multicritério juntamente com as componentes de um sistema de abastecimento de água, no contexto urbano.

Todavia, outros objetivos subsequentes foram propostos para a realização do estudo, sendo esses: a quantificação de artigos correlatos; a separação dos trabalhos de acordo com a área avaliada dentro de um sistema de abastecimento de água e; a identificação do crescimento ou diminuição da pesquisa proposta ao longo da última década.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo procurou conduzir um mapeamento com a intenção de encontrar e analisar a maior quantidade possível de trabalhos correlatos à utilização de uma ferramenta de análise multicritério para auxílio na tomada de decisão na concepção de sistemas de abastecimento de água.

A confecção da revisão se assegura pela sua necessidade e o protocolo feito deve abordar: os objetivos da revisão; as questões de pesquisa; as restrições e o escopo da pesquisa; as fontes (bases de dados) pesquisadas na busca das informações iniciais; a identificação de palavras-chave; a geração de *strings* de busca; critérios definidos de exclusão/inclusão; a avaliação dos estudos; o procedimento de extração de dados e como eles serão sintetizados. De forma sequencial, são apresentadas as instruções e diretrizes que nivelam os mapeamentos sistemáticos de estudos (KITCHENHAM, 2007):

1. Identificação da necessidade de realizar a revisão sistemática;
2. Elaboração da questão de pesquisa;
3. Uma busca por estudos primários;
4. Identificação dos dados necessários para resposta da pergunta da pesquisa;
5. Extração dos dados;
6. Resumo e síntese dos resultados dos estudos (meta-análise);
7. Interpretação dos resultados para determinar sua aplicabilidade.

2.1 Objetivo do Mapeamento

O estudo de mapeamento sistemático teve como objetivo identificar pesquisas que utilizam como ferramenta computacional principais softwares, planilhas e outros recursos digitais que auxiliem na tomada de decisão para a concepção de sistemas de abastecimento de água. Assim, a forma da estrutura (SANTOS, 2010) apresenta-se com os seguintes objetivos específicos:

- **Análise:** trabalhos e pesquisas publicadas recentemente por meio de uma revisão sistematizada;
- **Propósito:** verificar a classificação e hierarquização dos diversos critérios dentro do escopo de concepção de sistemas de distribuição e abastecimento de água potável;
- **Relação:** processos envolvidos com a captação de água subterrânea
- **Ponto de vista:** pesquisadores e profissionais/empresas desenvolvedores de projetos de sistemas de abastecimento de água.

2.2 Questão da Pesquisa

A questão da pesquisa de um mapeamento sistemático é, de acordo com Malcher et al. (2015), é muito mais ampla e geral do que as que são elaboradas em revisões sistemáticas de literatura. Também denominada problema de pesquisa, deve ser formulada com um grau de clareza e especificidade tal que, após sua delimitação, se torne mais fácil determinar que tipo de pesquisa deve-se realizar para a obtenção da resposta ao problema (APPOLINÁRIO, 2016). Nesse contexto, a pergunta relevante para o mapeamento do trabalho foi:

Questão Principal: *Quais os trabalhos recentes que abordam a utilização de ferramentas de análise multicritério na concepção de sistemas de abastecimento de água provinda de corpos hídricos subterrâneos (captação subterrânea)?*

Ainda, outras questões (secundárias) foram utilizadas para delimitar com maior precisão o objetivo do mapeamento sistemático proposto, a saber:

1. Qual a distribuição dos estudos por base de dados?
2. Qual a distribuição dos estudos por ano?

3. Qual a distribuição dos estudos nas diversas partes de um sistema de abastecimento de água?

Kitchenham (2007) sugere uma estruturação da questão da pesquisa em cinco termos, sendo eles *Population, Intervention, Context, Outcomes, Comparison* (PICOC). Todavia, de forma similar à Malcher et al. (2015), estipulou-se para a pesquisa apenas os itens *Population, Context, Intervention e Outcomes* (PICO, ou em português, População/Intervenção/Contexto/Resultados). De tal forma, arranhou-se a estrutura para a questão da questão principal em:

- **População (P):** Projetos, concepções, desenvolvimento de sistemas de abastecimento de água
- **Intervenção (I):** Utilização de uma ferramenta de análise multicritério para a hierarquização de variáveis;
- **Contexto (C):** Sistemas de abastecimento de água que envolvam captação subterrânea
- **Resultados (O):** Modelos hierarquizados classificando a importância de cada variável dentro dos sistemas estudados.

2.3 Escopo e Restrições da Pesquisa

De forma similar à proposta por Malcher et al. (2015), definiu-se um escopo para a pesquisa, que consistiu em definir critérios de seleção de busca e algumas restrições.

Então, como critérios para seleção, foram definidos:

- Idioma dos trabalhos/pesquisas à serem selecionados: inglês ou português;
- Meio de consulta: arquivos digitais (*web*);
- Artigos enquadrados nas áreas de Engenharia (Civil, Ambiental, Produção, Hídrica, Sanitária, dentre outras);
- Disponibilidade de identificação dos trabalhos por meio do Portal de Periódicos da CAPES;
- Disponibilidade de acesso de artigos na íntegra por meio do domínio da Universidade Estadual de Maringá - UEM vinculado ao Portal de Periódicos da CAPES.

Com relação às restrições para a confecção do mapeamento, têm-se que:

- A pesquisa esteve restrita à trabalhos publicados ou submetidos no intervalo entre agosto de 2007 e julho de 2017, dada a necessidade de se verificar resultados recentes estudados;
- Não houve ocorrência de ônus financeiros aos autores da pesquisa, uma vez que foram selecionadas somente fontes que propiciaram consultas de modo gratuito por meio de acesso pelo domínio da Universidade Estadual de Maringá – UEM.

2.4 Seleção de Fontes

Baseado nos critérios de seleção e restrição do mapeamento, foram escolhidas as seguintes fontes e bancos de dados de pesquisa onde foram realizadas as buscas iniciais dos trabalhos correlatos ao tema proposto:

- American Society of Civil Engineers – ASCE;
- Institution of Civil Engineers – ICE;
- SciELO.ORG;
- SCOPUS;
- Web of Science;
- IEEE Xplore Digital Library.

2.5 Identificação de Palavras-Chave e Sinônimos

A definição das palavras-chave foi proposta de acordo com a estruturação da questão principal da pesquisa (População, Intervação, Contexto e Resultados). Pelas restrições, os idiomas estipulados foram o Inglês e o Português. Ainda, utilizou-se a ferramenta *Thesaurus* da base de dados ProQuest (acessível pelo Portal de Periódicos – CAPES) para estipular todos os termos técnicos correspondentes aos verificáveis da questão principal. Então, são apresentados os termos técnicos colocados como palavras-chave para a pesquisa, a fim de se responder à pergunta principal do trabalho, mediante à estruturação sugerida por Kitchenman (2007):

- **População:** Software, Projects, Development, Conception, Feasibility Studies;
- **Intervenção:** Tool, Multi-Criteria, Multi-Criteria Decision Making, Management Decisions;
- **Contexto:** Groundwater, Water Supply Engineering, Water Resources; Water Catchment;
- **Resultados:** Models, Process, Methodology, Hierarchy of Variables, Problem Solving.

2.6 Strings de Busca

Também conhecidos como descritores construídos, as *strings* de busca são constituídas da união de palavras-chave e dos operadores booleanos AND, NOT, OR, dentre outros (MEDEIROS et al., 2015)

O operador booleano <OR> é utilizado em situações onde se deseja pesquisar trabalhos onde haja a não-união entre termos (palavras-chave) do descritor construído. Já o operador <AND> proporciona a pesquisa conjunta de todos os termos da *string* criada.

Para a estrutura PICOC (ou na situação desse trabalho PICO), a *string* de busca

padrão, conforme sugere Torkar et al. (2012), é do tipo:

P <and> I <and> C<and> O

Dessa forma, os descritores para pesquisa foram:

- (“Software” OR “Projects” OR “Development” OR “Conception” OR “Feasibility Studies”) AND (“Tool” OR “Multi-Criteria” OR “Multi-Criteria Decision Making” OR “Management Decisions”) AND (“Groundwater” OR “Water Supply Engineering” OR “Water Resources” OR “Water Catchment”) AND (“Models” OR “Process” OR “Methodology” OR “Hierarchy of Variables” OR “Problem Solving”).

2.7 Escolha dos Estudos Primários

Malcher et al. (2015) sugere uma divisão da etapa de escolha dos trabalhos primários à serem avaliados em duas partes, sendo essas as definições de critérios de inclusão e exclusão dos estudos no levantamento bibliográfico. Esses critérios direcionam a pesquisa dentro do prisma que o autor estabelece como viável e apura, dentre uma quantidade grande de artigos, os que são considerados mais interessantes e merecem maior atenção. É válido também ressaltar que diferenciam dos critérios de restrições uma vez que aqueles definem o horizonte de busca e esses, selecionam, quando já realizada as buscas, os trabalhos que devem continuar na análise.

Para a pesquisa proposta, os critérios de inclusão dos artigos foram:

- Artigos de pesquisa que apresentassem estudos de caso e proposta de melhorias por meio da utilização de algum tipo de ferramenta de auxílio à tomada de decisão, no contexto de sistemas de abastecimento de água;
- Estudos que apresentassem a descrição da metodologia utilizada para a hierarquização dos critérios dentro das situações avaliadas.

Já com relação aos critérios de exclusão, estipulou-se:

- Artigos repetidos (encontrados em mais de uma base de dados) teriam apenas contada sua primeira ocorrência;
- Trabalhos que não fossem artigos completos (*research article*), tais quais resumos, *keynotes*, *speeches*, entre outros não seriam considerados
- Também não seriam avaliados trabalhos que não estivessem no contexto de Engenharia e planejamento/desenvolvimento/concepção de sistemas de abastecimento de água;
- Estudos que não mencionassem as palavras-chaves definidas para a pesquisa não seriam verificados.

Mediante os critérios apresentados, elaborou-se um fluxograma que facilita o entendimento do procedimento realizado para a busca inicial dos trabalhos. A Figura 1 ilustra o processo de busca descrito.

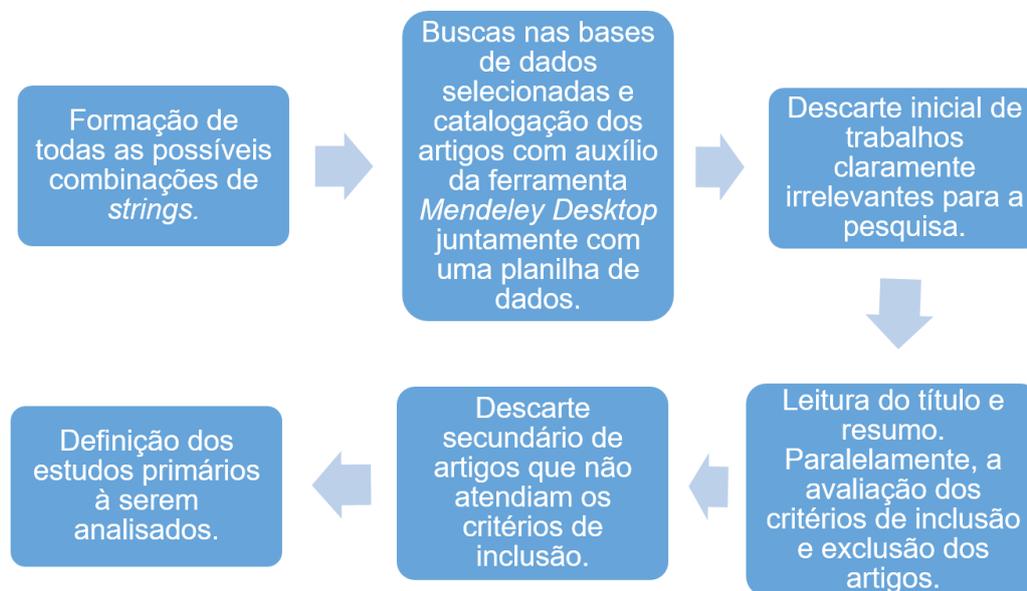


Figura 1: Fluxograma dos processos de busca dos trabalhos.

Fonte: Autor (2017)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a definição de protocolo de busca para o mapeamento de trabalhos relacionados à temática da pesquisa proposta, apresenta-se os resultados encontrados. Nesta seção, como sugerido por Malcher et al. (2015), a etapa de resultados foi dividida em três partes, sendo elas: Busca Primária, Seleção de Estudos Primários e Extração de Dados.

3.1 Busca Primária

Utilizando o protocolo descrito pela metodologia do trabalho e sugerido por Malcher et al. (2015) e Kitchenman (2007), realizou-se uma busca detalhada em cada uma das seis bases de dados selecionadas, cada qual utilizando variações (dependente da forma de inserção dos operadores booleanos em cada base) da *string* atribuída para a pesquisa. Assim, obteve-se um total de 1.402 estudos, sendo que: 291 foram identificados na base ASCE; 15 na ICE; 30 na SciELO.ORG; 605 na SCOPUS; 422 na Web of Science e 39 na IEEE Xplore. A representação da porcentagem dos dados encontrados em cada base com relação ao total é detalhada no Gráfico 1.

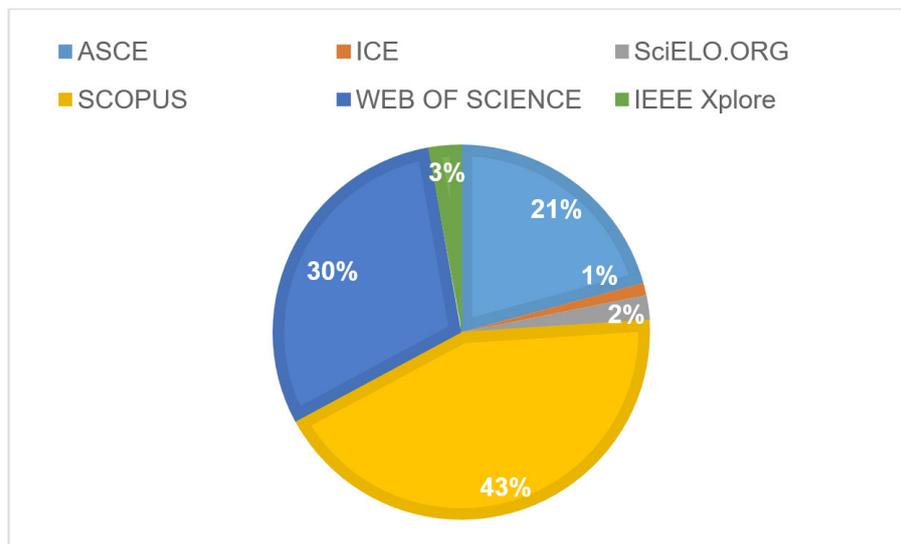


Gráfico 1: Relação dos estudos primários para as seis bases de dados selecionadas

Fonte: Dados da pesquisa

3.2 Seleção de Estudos Primários

Para a seleção dos estudos primários, os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados à cada trabalho pesquisado, juntamente com uma leitura prévia das palavras-chave e título dos artigos. Assim, reduziu-se o número de estudos selecionados para 482 trabalhos correlatos, sendo esses, para cada base de dados, apresentados no Quadro 1.

FONTES	Estudos primários	Estudos excluídos		Estudos Incluídos
		Duplicados	Restritos	
ASCE	291	0	145	146
ICE	15	1	7	7
SCIELO	30	7	15	8
SCOPUS	605	151	271	183
WEB OF SCIENCE	422	81	219	122
IEEE	39	2	21	16
		242	678	
TOTAL	1402	920		482

Quadro 1: Detalhamento da seleção dos Estudos Primários

Fonte: Dados da pesquisa

Verificou-se nessa etapa que 920 trabalhos foram dispensados pelos autores, uma vez que: não apresentaram relação com a área de Engenharia e concepção ou desenvolvimento de sistemas de abastecimento de água; trabalhos repetidos entre as bases de dados escolhidas; artigos que não apresentassem nenhuma das palavras-chaves definidas das *strings* de busca em seu título ou resumo e ainda, trabalhos que não fossem exclusivamente artigos completos, publicados diretamente em revistas ou provindos de congressos ou conferências.

Quanto às bases de dados, verificou-se que a SCOPUS apresentou a maior quantidade de trabalhos encontrados (605). Todavia, apresentou o maior número de artigos excluídos da análise (422) em virtude da grande quantidade de artigos repetidos com outras buscas anteriormente realizadas e, também, vários (271) artigos restringidos pelos critérios de exclusão da pesquisa.

3.3 Extração de Dados

Avaliando a quantidade de trabalhos publicados com relação ao ano, dentro do período de busca estabelecido (de 2007 a 2017), verificou-se diversas partes de um sistema de distribuição de água foram estudadas por pesquisadores ao redor do mundo. De acordo com os resultados obtidos na busca, percebe-se um crescimento na confecção de trabalhos na última década, passando-se de 42 trabalhos correlatos ao tema proposto publicados em 2007 a 61 trabalhos em 2017. O gráfico 2 ilustra a distribuição dos estudos primários selecionados pelo processo de escolha, ao longo dos últimos dez anos.

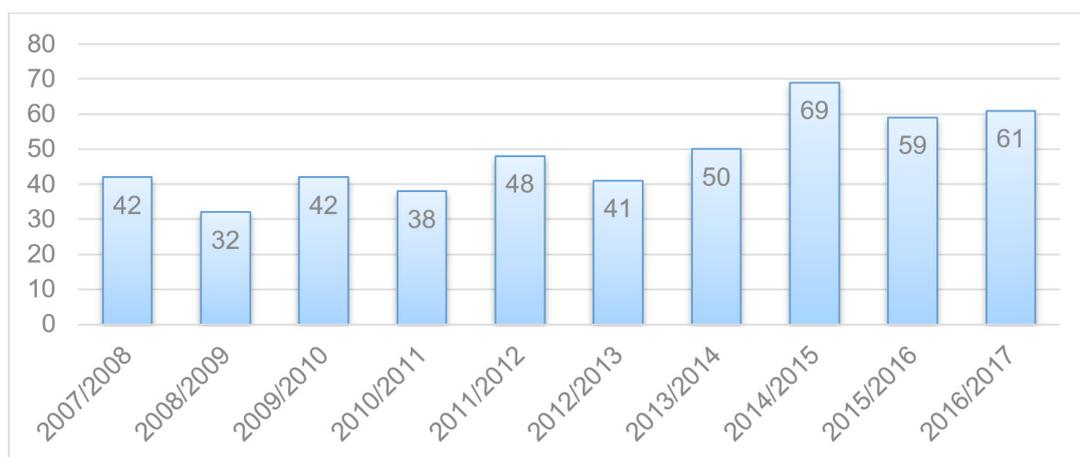


Gráfico 2: Distribuição dos estudos primários ao longo da última década

Fonte: Dados da pesquisa

Foi possível também classificar a distribuição dos trabalhos por tipo de publicação (de congressos/conferências ou periódicos). Pode-se perceber pelo Gráfico 3 que a maioria dos trabalhos selecionados (275 ou cerca de 57%) foi publicada em periódicos científicos e que, ainda, a quantidade de trabalhos publicados em anais de congressos ou conferencia correlatos ao tema proposto para a pesquisa foi de 207 ou cerca de 43% do total de estudos selecionados

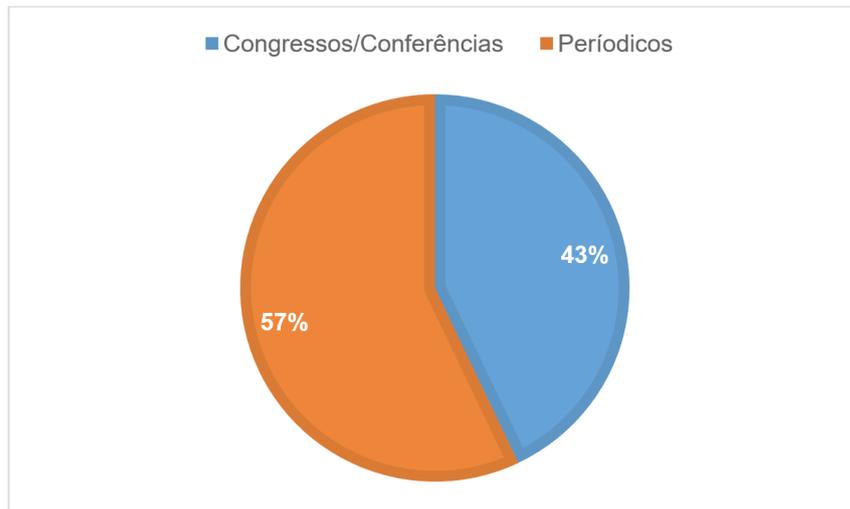


Gráfico 3: Distribuição dos estudos primários por tipo de publicação

Fonte: Dados da pesquisa

Quanto à distribuição dos trabalhos selecionados para as áreas de um sistema de abastecimento de água, a divisão das pesquisas é ilustrada pelo Gráfico 4, sendo que: 182 trabalhos dos selecionados eram relacionados à captação de água; 28 relacionados à adução; 162 relacionados ao tratamento ou à classificação de índices de qualidade da água; 60 relacionados à elementos de reservação de água e 50, relacionados à elementos de distribuição.

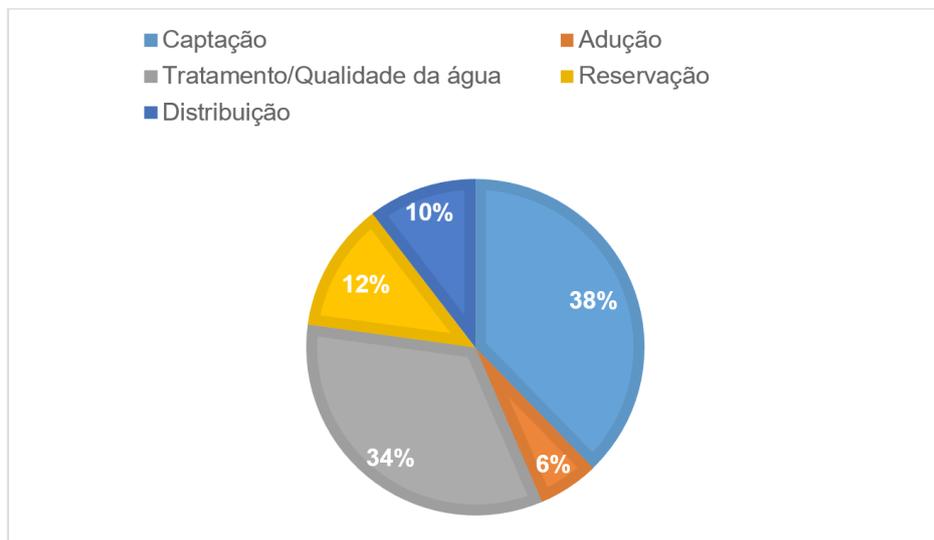


Gráfico 4: Distribuição dos estudos primários por área

Fonte: Dados da pesquisa

4 | CONCLUSÃO

Os estudos sobre otimização das concepções de projetos para sistemas de abastecimento de água são alternativas para elevar a qualidade de projetos de saneamento, ao meio tempo que propiciam, pela economia gerada, diminuição em gastos na execução das obras e por fim, na tarifa de água.

O trabalho proposto, por meio de um mapeamento sistemático de artigos relacionados à área de sistemas de abastecimento de água, verificou pesquisas que utilizam ferramentas multicritério que auxiliam à tomada de decisão, nas diversas partes das concepções desses sistemas. Percebeu-se, pelo Gráfico 4, que a grande maioria dos trabalhos atualmente estudados utilizando a metodologia multicritério visam entender as características de um sistema de abastecimento ligadas à qualidade de água. Todavia, com relação elementos de adução verificou-se que existem poucos estudos que levantam e hierarquizam as diversas variáveis dentro da concepção dos mesmos. Assim, como sugestões futuras, pode-se enfatizar estudos que avaliam as diversas características dentro de uma concepção de sistemas de adução de águas (como escolha do local, determinação da bomba, escolha do tipo de material dos condutos, dentre outros) utilizando ferramentas multicritério compatíveis e viáveis para a análise

É interessante ressaltar ainda que a validade da hierarquização das variáveis técnicas e financeiras sugeridas é regional, caracterizada pelos casos estudados em cada trabalho. Em diferentes contextos, com diferentes conformidades de clima, geografia e infraestruturas, diferentes trabalhos devem ser considerados. Fica também colocada a sugestão de novos estudos da eficácia da utilização de ferramentas multicritérios, enfatizando aspectos e características econômicas.

AGRADECIMENTOS

O autor expressa o seu profundo agradecimento ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo à pesquisa e também, à Universidade Estadual de Maringá que proporcionou, acesso às bases de dados presentes no trabalho por meio do Portal de Periódicos da CAPES (acesso CAFE).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e o uso de métodos multicritérios de apoio a decisão**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2010.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016. 226 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12211: **Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 24 mai. 2017.

BRASIL. **Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010**. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de

2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 22 jun. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm>. Acesso em: 24 mai. 2017.

CUNHA, A.A.R.; MORAIS, D.C. **Seleção de manancial para expansão da capacidade de sistema de abastecimento de água: uma abordagem multicritério**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31. 2011, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2011.

FREIRE, P.K.C. **Estudo comparativo entre metodologias de dimensionamento econômico de adutoras**. 2000. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 2000.

HAJKOWICZ, S; HIGGINS, A. **Decision Support: A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management**. European Journal of Operation Research, v.184, p.255-265, 2008.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews**. In Software Engineering Technical Report EBSE-2007-01, Department of Computer Science Keele University, Keele. 2007.

MALCHER, P.R.C. et al. **Um mapeamento sistemático sobre abordagens de apoio à rastreabilidade de requisitos no contexto de projetos de software**. Revista de Sistemas de Informação da FSMA, Macaé. v.16, p.3-15, 2015.

MEDEIROS, I.L. et al. **Revisão sistemática e bibliometria facilitadas por um Canvas**. Revista Brasileira de Design da Informação, São Paulo. v.12, n.1, p.93-110, 2015.

SANTOS, G. **“Revisão Sistemática, Mini-Curso”**. Sistema Brasileiro de Qualidade de Software – SBQS. Belém – PA. 2010.

TORKAR, R. et al. **Requirement’s traceability state-of-the-art: A systematic review and industry case study**. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, Chicago, v.22, n.3, p.385-433, 2012.

WEISTROFFER, H.R; SMITH, C.H; NARULA, S.C. **MCDM Software**. In: FIGUEIRA, J; SALVATORE, G; EHRGOTT, M. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. New York: Springer, p. 989-1018, 2005.

OTIMIZAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO CF40–G1 DO PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO – PAC EXECUTADO PELA COHAPAR

Allan Barbeiro Modos

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mecânica, Maringá – Paraná

Arthur Pereira Neto

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Departamento de Engenharia Civil, Maringá –
Paraná

Eloah Maria Machado Davantel

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Departamento de Engenharia de Alimentos,
Maringá – Paraná

Heloisa Helena da Silva Machado

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Departamento de Engenharia Mecânica, Maringá
– Paraná

Berna Valentina Bruit Valderrama

Centro Universitário de Maringá (UNICESUMAR),
Centro de Ciências Exatas, Maringá – Paraná

Júlio César Dainezi de Oliveira

Universidade Estadual de Maringá (UEM),
Departamento de Engenharia Mecânica, Maringá
– Paraná

RESUMO: De forma análoga, inserir o contexto de sustentabilidade em uma sociedade capitalista exige uma boa prova de que haverá retorno financeiro e uma certa margem de lucro já que o custo de implantação é maior quando comparado com um projeto tradicional. Assim foi analisado um projeto executado pela Companhia

de Habitação do Paraná a fim de conferir se o projeto está de acordo com o código de obras do município e se ele atende características mínimas de eficiência que o imóvel deve apresentar. Foram avaliadas as características de iluminação mínima do projeto junto com diferentes variações no tipo de lâmpadas, alterando as demandas de energia com iluminação, e também avaliado o custo unitário da residência, sem as alterações necessárias, e o custo final com as suas otimizações. Neste trabalho foi exposto um comparativo bruto entre a funcionalidade de uma edificação “popular”, subsidiada com recursos do PAC, e a respeitabilidade ao código de obras da cidade de Maringá, além do e funcionamentos como iluminação natural e o custo do Projeto Padrão (PP) e de sua adequação chamado de Projeto Otimizado (PO).

PALAVRA-CHAVE: Otimização de projetos, Comparativo de custo, Redução de Consumo.

ABSTRACT: Inserting the context of sustainability in a capitalist society demands a solid proof of financial return and a certain margin of profit as the costs of implantation are higher when compared to a traditional project. A project executed by the Habitation Company of Paraná was analyzed to ensure the project was in accordance with the code of works of the county and if it met the minimum characteristics

of efficiency the realty should have. The minimum illumination characteristics of the project were evaluated with different lamp models and varying energy demands. The unitary cost of the residence, without the needed alterations, and the final optimized cost was also evaluated. In this work a comparative between the functionality of a popular building subsidized with PAC resources, the respectability of the code of works, the cost of the standard project and the adequacy with the optimized project was done. **KEYWORDS:** Optimization of projects, Comparison of cost, Reduction of consumption.

1 | INTRODUÇÃO

O conceito de Construção Sustentável baseia-se no desenvolvimento de modelos que permitam à construção civil enfrentar e propor soluções aos principais problemas ambientais de nossa época, sem renunciar à moderna tecnologia e a criação de edificações que atendam às necessidades de seus usuários.

As construções sustentáveis ou eco construções ganham espaço a cada ano no cenário mundial, assim como o desenvolvimento de novas tecnologias e práticas de referências que permitem a implementação do desenvolvimento sustentável no setor da construção civil.

O conceito de ecoedifício propõe o conhecimento e a atuação sobre os ciclos de recursos e energias, avaliando suas inter-relações, desde a concepção do projeto à demolição, com estrutura dinâmica e progressiva, integra indivíduo, ecossistemas e edifício de forma a permitir a ocorrência de relações sinérgicas entre esses elementos (ADAM, 2001; OLIVEIRA et al, 2016).

A construção sustentável é complexa e tem caráter multidisciplinar, identificando problemas e apresentando soluções com foco nas questões ambientais, com uso de tecnologias limpas de forma a atender às necessidades dos seus moradores (ARAÚJO, 2010).

A habitação salubre (saudável, higiênica, benéfica) deve atender as necessidades humanas pertinentes aos aspectos fisiológicos (funções do organismo), psicológicos (mentais), de proteção contra contágios (doenças de contato) e segurança (proteção contra acidentes). Detalhando os aspectos fisiológicos no quesito conforto, os seguintes itens são importantes: temperatura e umidade adequada, ventilação e arejamento suficientes, iluminação adequada (natural e artificial), proteção contra ruídos excessivos, espaço suficiente. (PINHEIRO & CRIVELARO, 2013, p. 11)

Na construção sustentável o conceito de sustentabilidade está associado à economia de recursos naturais e à Bioclimatologia, uma vez que as condições climáticas locais devem ser consideradas no desenvolvimento dos projetos, observando o uso de recursos renováveis e a redução na geração de resíduos e poluição. Tem por objetivo a maior eficiência no uso de recursos naturais, redução do consumo e da geração de resíduos, preservação do ambiente natural nos espaços urbanos e a melhoria do ambiente construído, proporcionando qualidade de vida à população (SACHS, 1993, MMA, 2016).

O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) foi criado em 2007, durante segundo mandato do presidente Luís Inácio Lula da Silva, promoveu a retomada do planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética do país, contribuindo para o seu desenvolvimento acelerado e sustentável (BRASIL, 2017).

O PAC busca atender aos preceitos da Agenda 21 (1992) para a Construção Sustentável em países em desenvolvimento, na qual é definida como “um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica” (MMA, 2004; BRASIL, 2017).

A adequação ou otimização de edificações para atendimento às características da construção sustentável pode ser realizada a partir de alterações simples, como aumento da incidência de luz natural ou a troca das lâmpadas de alto consumo por lâmpadas de baixo consumo, o que pode representar uma redução significativa no custo operacional do imóvel.

MAHFUZ (2006) afirma:

Pode-se tentar uma redefinição dos aspectos essenciais da arquitetura por meio de um quaterno composto de três condições internas ao problema (programa, lugar e construção) e uma condição externa, o repertório de estruturas formais que fornece os meios de sintetizar na forma as outras três.

A gestão do ambiente construído, assim como a construção em si, deve ser observada sob a perspectiva do ciclo de vida do produto ou do projeto, considerando as condições ambientais locais onde o mesmo está inserido.

Nesse contexto, o presente projeto teve por objetivo avaliar o projeto CF40–G1 do PAC executado pela COHAPAR e adequá-lo de forma a otimizar o uso da iluminação natural e reduzir os custos com energia elétrica.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido a partir da análise de um projeto padrão utilizado na implantação do PAC no Paraná e avaliação das ações possíveis e necessárias para adequação desse projeto às características da construção sustentável. A avaliação foi realizada considerando a implantação do projeto em Maringá-PR, ou seja, atendendo às normas vigentes da construção civil no município.

O desenvolvimento do trabalho foi dividido em duas fases: 1- análise do Projeto Arquitetônico Padrão CF40-G1 denominado PP: o projeto foi cedido para Companhia de Habitação do Paraná (COHAPAR), sendo este um modelo utilizado em implantações de conjuntos habitacionais subsidiados pelo programa PAC em diversos municípios; 2- proposição de projeto de adequação, chamado de Projeto Otimizado (PO).

Na primeira fase foi analisado o projeto padrão e destacadas suas características, observando área construída, distribuição dos ambientes, disposição de portas e janelas

e áreas de circulação em relação às condições de iluminação natural, com base em normas NBR 5413 e na Lei Complementar nº 910/2011 que dispõe sobre o Código de Obras do município.

A segunda fase do projeto foi propor uma reformulação do projeto avaliado e propor o Projeto Otimizado no qual são apresentadas as alterações realizadas para que o projeto.

2.1 Iluminação

A quantidade de luz incidente no projeto foi observada considerando as normas:

- NBR 15575:2013 – Norma de desempenho de edificações, que aborda os aspectos conceituais de desempenho e da avaliação do desempenho de edificações.

- NBR 5413:2017 - Iluminação de Interiores, que fornece diversos fatores pré-fixados para projeto de diferentes ambientes e determina o nível de iluminância adequada para ambientes considerando o uso do espaço;

Segundo a NBR 5413:2017, a iluminância, determinada pela unidade de medida *Lux*, é a quantidade de luz presente em um ambiente ou superfície. O cálculo do *Lux* é efetuado segundo a equação:

$$Lux = \frac{lm}{m^2} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde,

lm = fluxo luminoso da lâmpada

m² = área do ambiente

Para o cálculo do *Lux* é necessário escolher um tipo de lâmpada para que seja possível calcular a quantidade necessária a cada ambiente, dadas as diferenças entre os tipos disponíveis no mercado, principalmente no que diz respeito à potência média e o consumo de energia de cada lâmpada (Figura 1).

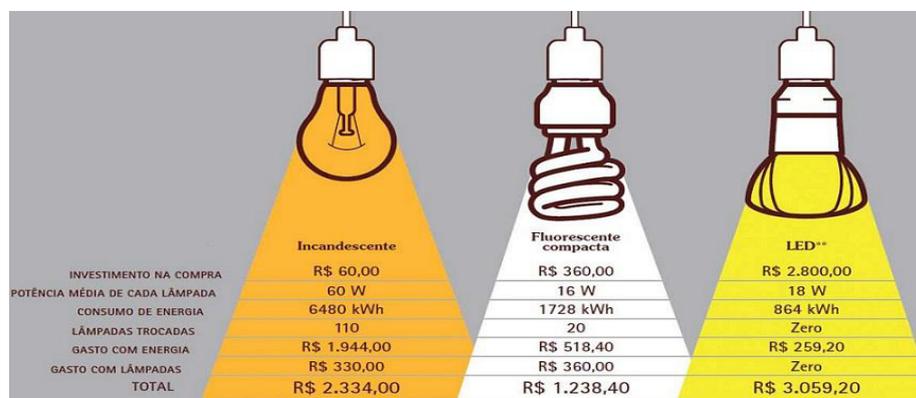


Figura 1 – Comparação entre o uso de lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LED.

Fonte: SPITZCOVSKY (2015)

Atualmente o tipo LED tem o melhor custo-benefício com menor consumo de energia e menor frequência na troca das lâmpadas.

Além da quantidade de lâmpadas a serem utilizadas, destaca-se que para calcular a demanda de energia, deve-se levar em consideração a iluminação natural incidente no ambiente e as características do projeto arquitetônico. A norma NBR 5413 apresenta os valores mínimos, médios e máximos de lumens para iluminar os ambientes de forma a identificar a quantidade de lâmpadas para as situações de conforto luminotécnico.

No município de Maringá, além das normas NBR 15575:2013 e NBR 5413:2017, o projeto deve atender um mínimo de 20% de incidência de luz natural, prescrito na Lei Complementar N° 910/2011, que dispõe sobre o projeto, execução e as características das edificações no município.

No que diz respeito à iluminação natural, foi utilizado o comportamento da irradiação solar no plano horizontal para o município de Maringá-PR no ano de 2015 (Figura 2).

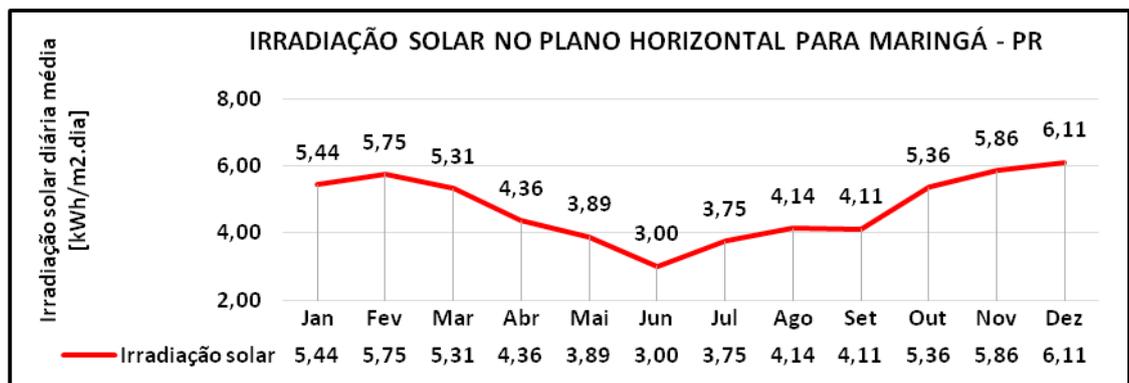


Figura 2 - Irradiação solar no plano horizontal para a cidade de Maringá.

Fonte: CRESESB/CEPEL (2016)

A iluminação natural por ambiente, considerando a irradiação solar, foi calculada utilizando a Equação 2:

$$I_{nat} = \frac{\bar{x} \cdot I_s}{j} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde,

I_{nat} = Iluminação natural

I_s = irradiação solar anual

j = área do vão livre da janela

2.2 Custos da obra

O levantamento de custos da obra foi baseado no cálculo individual do projeto padrão e do projeto proposto utilizando o Custo Unitário Básico (CUB), o indicador de custos mais indicado para o setor da construção civil no município de Maringá.

O CUB é um orçamento simplificado que leva em consideração basicamente 4 fatores: materiais, mão de obra, equipamentos utilizados durante a construção e a área construída. O cálculo é realizado conforme Equação 3:

$$CUB = \frac{\text{Material + mão-de-obra + equipamentos}}{\text{ambiente}} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde,

CUB = Custo Unitário Básico

ambiente = área do ambiente

No Paraná o CUB é lançado mensalmente pelo Sindicato da Indústria da Construção SINDUSCON e conta com fator de correção de 10% e os projetos estão classificados em projetos residenciais, comerciais e industriais. Na Tabela 1 estão classificados os projetos residenciais segundo sua tipologia.

NOMENCLATURA DOS PROJETOS PADRÃO RESIDENCIAIS CUB - SINDUSCON			
Tipo	PROJETOS	Padrão de Acabamento	Projetos Padrões
R - 1	Residencial unifamiliar	Baixo	R 1 - B
		Normal	R 1 - N
		Alto	R 1 - A
PP - 4	Prédio Popular	Baixo	PP 4 - B
		Normal	PP 4 - N
R - 8	Residência Multifamiliar	Baixo	R 8 - B
		Normal	R 8 - N
		Alto	R 8 - A
R - 16	Residência Multifamiliar	Normal	R 16 - N
		Alto	R 16 - A

Tabela 1 - Nomenclatura da tabela CUB Paraná

Fonte: CUB - SINDUSCON (2016)

Para o levantamento de custos do Projeto Padrão foi adotado o padrão R 1 – B, que atende às características do projeto analisado, e utilizado o coeficiente de qualidade em 40%, que representa a qualidade dos materiais que foram empregados na edificação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Características do Projeto Arquitetônico Padrão (PP)

O Projeto Padrão (PP) é o Projeto Arquitetônico Padrão CF40-G1, de uma unidade de habitação social utilizado no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) executado no estado do Paraná pela COHAPAR. A unidade é composta por dois dormitórios, um banheiro, cozinha e sala de estar, totalizando em 40,80m² de área construída e 36,99m² de área útil, conforme especificado na Tabela 2.

ÁREA ÚTIL DE UTILIZAÇÃO DA RESIDÊNCIA	
Ambiente	Área do Ambiente M ²
Sala	10,2
Cozinha	7,2
Banheiro	2,76
Quarto	7,26
Quarto Casal	8,4
Circulação	1,17
Área Útil	36,99

Tabela 2 – Área útil por ambiente do Projeto Padrão

Destaca-se que todos os ambientes possuem janelas e portas para aproveitamento de iluminação e ventilação natural e, após análise e comparação às normas dos vãos de abertura das janelas e identificação dos padrões específicos para iluminação, verificou-se que o projeto padrão não atende às normas vigentes (Figura 3).

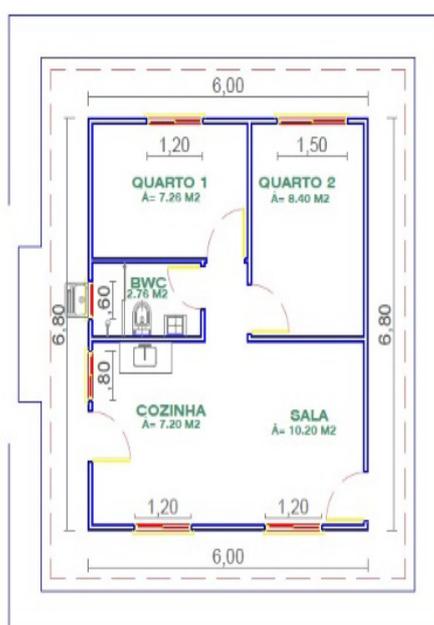


Figura 3 - Projeto Padrão (PP) CF40-G1

Fonte: COHAPAR (2015)

A otimização do projeto foi pautada nas normas NBR 15575:2013 e NBR 5413:2017, buscando o melhor aproveitamento da iluminação natural, a fim de reduzir os custos com energia elétrica. Foram realizadas as seguintes alterações:

- aumento dos vãos livres das janelas;
- trocas das esquadrias metálicas por esquadrias de alumínio e vidro;
- substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED.

Na Tabela 3 é apresentada a comparação ente o Projeto Padrão (PP) e o Projeto Otimizado (PO) da abertura dos vãos de janelas para ventilação e iluminação mínima em relação às normas vigentes.

Ambiente	Normas Vigentes	Projeto Padrão (PP)			Projeto Otimizado (PO)		
	Vão Livre min	Largura	Altura	Vão Livre	Largura	Altura	Vão Livre
Sala	2,04	1,20	1,00	1,2	2,20	1,00	2,2
Cozinha	1,03	1,20	1,00	2	2,20	1,00	3
		0,80	1,00		0,80	1,00	
Banheiro	0,39	0,60	0,60	0,36	0,90	0,60	0,54
Quarto	1,45	1,20	1,00	1,2	2,20	1,00	2,2
Quarto Casal	1,68	1,50	1,00	1,5	2,20	1,00	2,2
Circulação	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0

Tabela 3 - Aberturas de Janelas: comparativo PP e PO

As adequações dos vãos livres de janelas foram ampliadas, em média, 62% melhorando a temperatura ambiente no interior da residência e aumentando o potencial de iluminação natural, reduzindo assim o consumo de energia elétrica com iluminação artificial. Na Figura 4 é apresentado o projeto arquitetônico otimizada da unidade habitacional.

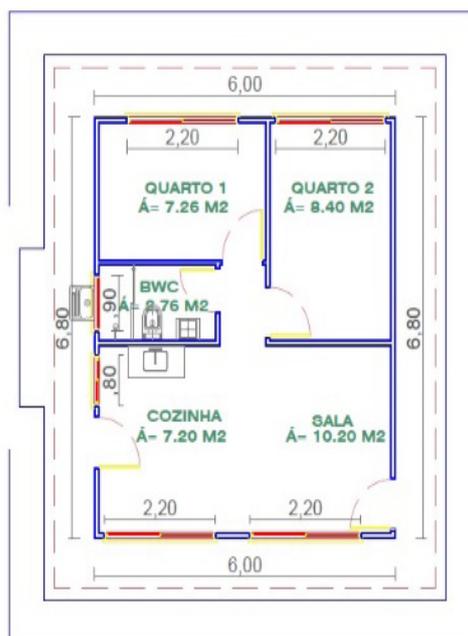


Figura 3 – Projeto Otimizado (PO)

3.2 Demanda de Energia para Iluminação

A avaliação da iluminação natural aplicando o aumento médio de 62% obtido no PO possibilitou identificar o aumento da iluminação natural por metro quadrado de área em relação ao PP (Tabela 4).

Ambiente	Área do Ambiente			Iluminação natural PP		Iluminação natural PO	
	Largura	Altura	Área M ²	Kwh Médio	Kwh Total	Kwh Médio	Kwh Total
Sala	3,40	3,00	10,20	4,76	48,52	7,71	78,66
Cozinha	2,40	3,00	7,20	4,76	34,25	7,71	55,52
Banheiro	2,30	1,20	2,76	4,76	13,13	7,71	21,28
Quarto	3,30	2,20	7,26	4,76	34,53	7,71	55,99
Quarto Casal	2,40	3,50	8,40	4,76	39,96	7,71	64,78
Circulação	0,90	1,30	1,17	4,76	5,57	7,71	9,02

Tabela 4 - Iluminação natural com alteração no vão das janelas.

Ao realizar a comparação no aproveitamento da iluminação natural, foi necessário calcular a quantidade de Watts que serão utilizados para iluminar cada ambiente, conforme Equação 4.

$$Watt_u = \text{Área do ambiente} \cdot \text{Valor NBR5413} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde,

$Watt_u$ = Watt utilizado

A demanda de energia elétrica foi calculada segundo a NBR 5013, destacando a iluminância mínima, média e máxima aplicada aos ambientes, todos com pé direito de 3m, considerando a iluminação natural (Tabela 5).

Ambiente	Lumens por Ambiente			Iluminação natural (Watt)		Lumens PP			Lumens PO		
	Mín.	Méd.	Máx.	PP	PO	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.
Sala	74	3963	19817	49	79	26	3915	19769	-4	3885	19738
Cozinha	44	1975	5925	34	56	10	1941	5890	-12	1919	5869
Circ.	10	92	369	13	21	-3	79	356	-11	71	348
Banheiro	3	119	358	35	56	-32	85	323	-53	63	302
Quarto	44	2008	6024	40	65	4	1968	5984	-21	1943	5959
Quarto Casal	55	2688	8064	6	9	49	2682	8058	46	2679	8055

Tabela 5 - Iluminação do ambiente considerando a iluminação natural para o PP e o PO.

Com os resultados da análise comparativa verificou-se que a iluminação mínima prevista na norma não é atendida pelo PP, sendo que as adequações efetuadas para o PO superaram às exigências mínimas para iluminação dos ambientes.

Na Tabela 6 são demonstrados os resultados comparativos entre os tipos de lâmpadas incandescente, fluorescente e LED, a ser utilizado por ambiente em cada projeto.

Ambientes	Lumens PP	Lumens PO	Fluxo luminoso da Lâmpadas			N. de Lâmpadas Incandescentes		N. de Lâmpadas Fluorescentes		N. de Lâmpadas LED	
			Inca.	Fluo.	LED	PP	PO	PP	PO	PP	PO
Sala	3915	3885	1380	2700	600	3	3	1	1	3	3
Cozinha	1941	1919	1380	2700	600	1	1	1	1	1	1
Banheiro	79	71	1380	2700	600	1	1	1	1	1	1
Circulação	85	63	1380	2700	600	1	1	1	1	1	1
Quarto	1968	1943	1380	2700	600	1	1	1	1	1	1
Q u a r t o Casal	2682	2679	1380	2700	600	2	2	1	1	2	2
Total de lâmpadas (Unid.)						9	9	6	6	9	9
Total Watts						1043	1037	201	200	137	136

Tabela 6 - Quantitativo de lâmpadas necessárias para iluminar os ambientes

As quantidades de pontos de lâmpadas não sofrem alteração, entretanto, a troca do tipo de lâmpada utilizada demonstra queda significativa no consumo de energia elétrica. As lâmpadas incandescentes e fluorescentes têm consumo de energia superior quando comparadas as de LED e para o número de lâmpadas indicado no projeto otimizado, o consumo em Watts aumentaria em 662,5% para o uso de lâmpadas incandescentes e 47% para fluorescentes.

As adequações do projeto representaram uma redução de, aproximadamente, 900 Watts de potência no uso da energia elétrica de iluminação, o que impacta diretamente no orçamento da obra, reduzindo os custos com as instalações elétricas.

A manutenção no número de pontos de lâmpadas do PO em relação ao PP indica que foi utilizado no PP o mínimo de pontos para atender às normas, mesmo não atendendo à necessidade de iluminação real.

3.3 Orçamento Comparativo

O cálculo foi realizado considerando a variação do CUB mensal, para a média dos valores por metro quadrado do ano de 2015 que variou entre R\$ 1.136,00 reais em janeiro e 1.227,00 em dezembro do mesmo ano.

Ao comparar os projetos PP e PO no orçamento por estimativa utilizou-se a média anual do CUB resultando no custo de R\$ 1.181,50 por metro quadrado. Levando em consideração a média para o ano de 2015 e um coeficiente de qualidade de 40%, o custo final do projeto padrão foi estimado em, aproximadamente, R\$ 20.000,00. Com

as adequações do projeto, visto que alguns materiais foram modificados, como por exemplo, o uso de vidro temperado em substituição às venezianas, o coeficiente de qualidade utilizado foi de 45% e o custo final do projeto foi de R\$ 22.000,00.

Destaca-se que o aumento no custo da obra foi de apenas 10%, e, quando analisado o custo-benefício das adequações, esse aumento se torna insignificante. Destaca-se esse custo foi para aplicação em uma única unidade habitacional e, se aplicado no início da implantação dos conjuntos habitacionais, esse custo poderá baixar ainda mais.

Na figura 4 é apresentada a perspectiva final do Projeto Padrão e do Projeto Otimizado com uma visualização clara das alterações realizadas nas das janelas.

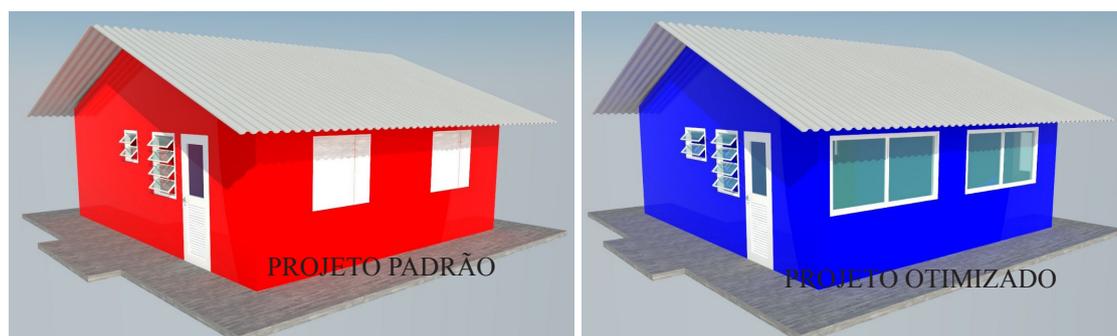


Figura 4 – Perspectiva final do Projeto Padrão e do Projeto Otimizado.

4 | CONCLUSÃO

A gestão do ambiente construído assim como a edificação em si deve ser observada sob a perspectiva do ciclo de vida do produto ou do projeto. O grande desafio está na implantação do conceito sustentabilidade em edificações já existentes, dados conceitos culturais e a legalidade política do país.

Após a análise do Projeto Padrão verificou-se que a área mínima para ventilação e iluminação exigidas na LC 910/2011 não foi respeitada, o que significa que todas as obras executadas segundo esse projeto no município a partir de 2011 não atendem ao Código de Obras vigente.

As adequações para regularização dos vãos livres e janelas foram ampliadas, em média, 62% melhorando a temperatura ambiente no interior da residência e aumentando o potencial de iluminação natural, reduzindo assim o consumo de energia elétrica com iluminação artificial.

Para adequação do projeto é necessária uma revisão detalhada do projeto em caráter de readequação a fim de encontrar possíveis erros como a falta de iluminação e ventilação mínima desconforme com o código de obras que aqui foram apontados.

A comparação do custo final do Projeto Padrão com o Projeto Otimizado verificou-se que o aumento no custo da obra foi de apenas 10%, revelando um bom custo-benefício.

Conclui-se então que a adequação dos projetos de implantação do governo federal

é uma realidade possível e de baixo custo, que beneficiará a melhoria da qualidade de vida dos moradores além de ganhos ambientais e econômicos na constituição do espaço urbano.

REFERENCIAS

ADAM, R. S. **Princípio do Ecoedifício**. São Paulo: Aquariana Ltda, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de interiores: procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 13p.

_____. **NBR 15575:2013: Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB) - CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA (CEPEL). **Potencial Solar – Sundata v 3.0**. 2016. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>& Acesso em: 03 out 2016

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CIBIC). **Custo Unitário Básico - Indicador dos custos do setor da Construção Civil**. Disponível em: <http://www.cub.org.br/cub-m2-estadual/PR/> Acesso em: 05 set 2017.

MAHFUZ, E. Reflexões sobre a construção da forma pertinente (1). **Arquitextos**. 045.02 ano 04, fev. 2004. Vitruvius. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.045/606> Acesso e, 05 set 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Agenda 21 Brasileira: Ações prioritárias**. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Construção Sustentável**. 2016. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel> Acesso em 20 jul 2017.

_____. Ministério do Planejamento. **Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)**. 2011. Disponível em <http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac>. Acesso em: 20 jul 2017.

MARINGÁ. Câmara Municipal Maringá. Lei Complementar nº 910 de 29 de dezembro de 2011. Dispõe sobre o projeto, a execução e as características das edificações no município de Maringá e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pr/m/maringa/lei-complementar/2011/91/910/lei-complementar-n-910-2011-dispoe-sobre-o-projeto-a-execucao-e-as-caracteristicas-das-edificacoes-no-municipio-de-maringa-e-da-outras-providencias> Acesso em: 20 jul 2017.

OLIVEIRA, L. K. S. et al. Simulação computacional da eficiência energética para uma arquitetura sustentável. **HOLOS**, [S.l.], v. 4, p. 217-230, set. 2016. ISSN 1807-1600. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/3981>>. Acesso em: 24 out. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.15628/holos.2016.3981>.

PINHEIRO, A. C.; CRIVELARO, M. **Conforto Ambiental. Iluminação, Cores, Ergonomia, Paisagismo e Critérios Para Projetos**. 1º ed. São José dos Campos: Érica, 2014. 120 p.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI**. São Paulo: Studio Nobel/Fundap, 1993.

SPITZCOVSKY, D. Certificação LEED: tudo sobre o principal selo de construção sustentável do Brasil. **Planeta Sustentável**. 2015. Disponível em: <http://www.planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/certificacao-leed-o-que-e-como-funciona-o-que-representa-construcao-sustentavel-675353.shtml> Acesso em: 20 jul 2016.

PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM URBANA: CONCEPÇÃO E CENÁRIO ATUAL

Bruna Forestieri Bolonhez

Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Maringá – Paraná

Bárbara Lorryne da Silva Motta

Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Maringá – Paraná

Paulo Fernando Soares

Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Maringá – Paraná

RESUMO: Essa pesquisa teve como objetivo analisar o cenário dos Planos Diretores de Drenagem Urbana – PDDrU no país, avaliando também o seu processo de elaboração e o encaminhamento para sua adoção como instrumento de gestão. Pesquisas nacionais, legislações federais e PDDrU implantados foram analisados, a fim de coletar dados sobre o cenário existente. Verificou-se que, atualmente, não existe uma obrigatoriedade de um plano municipal exclusivo para a drenagem, ficando a cargo de cada município criar um plano individual ou integrá-lo ao de saneamento básico. Dados do IBGE (2013), indicaram o não atendimento por parte dos municípios na inclusão da drenagem em seus planos de saneamento, com indicam as determinações da Lei Nº 11.445/2007. A análise de PDDrU já implantados, como os de Porto Alegre, São

Paulo e do Distrito Federal, são exemplos positivos de administrações que superaram o desafio de criar e desenvolver um plano.

PALAVRAS CHAVE: Drenagem Urbana, Medidas de controle, Plano direto, PDDr.

ABSTRACT: The objective of this research was to analyze the conditions of the Urban Drainage Planning Plans - PDDrU in Brazil, including its evaluation and elaboration process and the current benchmark to its adoption as a management tool. National researches, federal legislations and PDDrU deployed were analyzed in order to collect data on the existing scenario. It was verified that, currently, there is no obligation of a municipal plan exclusively for the drainage, being a responsibility of each municipality to create an individual plan or to integrate it to the one of basic sanitation. Data from IBGE (2013) indicated that municipalities did not comply with the inclusion of drainage in their sanitation plans, in disagreement with the provisions of Law No. 11,445 / 2007. Analyzing PDDrU already implemented, such as those in Porto Alegre, São Paulo and the Federal District, show positive examples of administrations that have overcome the challenge of creating and developing a successful plan.

KEYWORDS: Urban Drainage, Flood Control Measures, Urban Master Plan, PDDrU

1 | INTRODUÇÃO

A situação atual da gestão urbana no Brasil é preocupante. Muitos municípios não possuem os instrumentos para a gestão das suas infraestruturas ou simplesmente o elemento básico para a gestão de seu desenvolvimento: os Planos Diretores. Dados da Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC indicam que dos 5.570 municípios da federação, 2.019 não possuem um Plano Diretor implantado (IBGE, 2013).

Quando estudada a drenagem no país, o déficit é ainda de mais grave. A falta de um planejamento implica em maiores ocorrências de inundações e escorregamentos, fontes das piores catástrofes no país. Segundo o MUNIC, entre 2008 e 2012 um total de 2169 municípios brasileiros foram atingidas por inundações, em suas diversas intensidades. Complementando essa informação, verifica-se que somente 33% dos municípios do país apresentam algum instrumento para o gerenciamento dos riscos desses desastres (IBGE, 2013).

Desse modo, a importância dos Planos Diretores de Drenagem Urbana - PDDrU no gerenciamento das águas pluviais e na prevenção de desastres é evidente. Ao estipular diretrizes e ações para a gestão do sistema de drenagem, os planos buscam reduzir os impactos dos escoamentos descontrolados e inundações. (PINTO; PINHEIRO, 2006). Complementando os Planos Diretores, regulamentados conforme a Lei nº 10.257/2001, esses ainda possibilitam a integração da drenagem com as demais infraestruturas e políticas públicas do Município.

Segundo Tucci (2003), os planos delinearão o escoamento e a distribuição deste na bacia e no tempo, almejando a compatibilização do desenvolvimento e infraestrutura para menores impactos na drenagem. Outros quesitos a serem incluídos são o mapeamento e controle da ocupação de áreas de risco e áreas ribeirinhas e a determinação de planos de alerta e de ação para o gerenciamento das áreas de baixo risco, buscando a convivência com as ocorrências das enchentes.

Estando incluídos nos Planos de Saneamento ou apresentados em uma legislação exclusiva, a necessidade dos estudos e controle da drenagem torna-se essencial para a manutenção da qualidade de vida da população. Esse artigo visa contemplar a atual situação da drenagem urbana no Brasil. Espera-se, paralelamente, responder aos seguintes objetivos específicos:

- Analisar as atuais legislações vigentes sobre o tema no país;
- Sintetizar o processo de elaboração dos PDDrU já implantados;
- Verificar as atuais dificuldades para o desenvolvimento dos planos;
- Analisar exemplos de implantação dos PDDrU no país.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento desta pesquisa deu-se com base inicialmente nas legislações sobre o saneamento básico e a drenagem urbana vigente no Brasil. Uma análise mais detalhada das leis e políticas encontradas, forneceu subsídio para o enquadramento das diretrizes que contemplavam os Planos Diretores de Drenagem Urbana no país.

Sequente a essa, buscou-se dados nacionais e estaduais referentes ao cenário do saneamento básico e gestão de riscos no país. Comparando os dados encontrados com os requisitos das atuais legislações, verificou-se o cumprimento das normativas estabelecidas.

Com as informações encontradas, buscou-se sintetizar o processo de elaboração dos PDDrU. Juntamente, investigou-se na literatura e pesquisas os possíveis motivos que ocasionam o cenário encontrado. Ambas as pesquisas permitiram delimitar as etapas mínimas do processo, ou seja, um modelo de construção desse. Do mesmo modo, buscou-se dados que demonstrassem a fragilidade desse perante a política atual.

Visando verificar o modelo e as justificativas levantadas, foram estudados três planos diretores de drenagem urbana já implantados no país. A seleção levou em consideração a importância dos municípios e o seu diferencial histórico ou espacial. Ao mesmo tempo, foi averiguada a disponibilidade de dados sobre o PDDrU. Feita a triagem, estudaram-se as características de cada um e seu processo de desenvolvimento, correlacionando-as com as informações compiladas sobre o tema.

As fontes de informações primárias foram obtidas com base nas legislações originais, pesquisas e nos PDDrU, acessados em páginas na Internet de órgãos governamentais, ou, normativos, ou obtidos diretamente junto a órgãos governamentais ou instituições de ensino e pesquisa como os repositórios institucionais. Como fonte secundária um levantamento bibliográfico sobre os diversos autores que tratam do assunto em vigor.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Legislações e políticas vigentes

O Estatuto da Cidade, definida na Lei Federal nº 10.257/2001, reforçou a definição dos Planos Diretores como instrumentos básicos de gestão do desenvolvimento e expansão dos municípios.

Esses planos, segundo a lei, deverão explicitar a Política Municipal de Saneamento a ser adotada pelo município (BRASIL, 2001).

A Política Nacional de Saneamento Básico, instituída na Lei Federal Nº 11.445/2007, normatiza a execução de planos para o manejo das águas pluviais urbanas pelos municípios. Dispondo as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, essa

inclui em seu Art. 3º a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas como um dos conjuntos de serviços, infraestrutura e instalações operacionais a serem incluídos nos Planos de Saneamento. Os planos poderão englobar os serviços de abastecimento urbano, esgotamento, resíduos sólidos e drenagem de modo conjunto ou, caso seja de interesse, pode-se elaborar planos individuais (BRASIL, 2007). Dessa maneira, tem-se que a execução de PDDrU não são obrigatórios conforme a legislação, mas que o tema deve ser abordado em planos do município.

Dentro das demais políticas que gerenciam os recursos hídricos no país, a Lei 9.433/1997, conhecida como “Lei das Águas”, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Determina-se nesta que gestão das unidades será realizada pelos comitês de bacia e agências, que elaborarão os Planos de Recursos Hídricos da Bacia. Esse instrumento orientará a implementação da política e estabelece as bases para o gerenciamento integrado, descentralizado e participativo dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Os Planos de Saneamento deverão, dessa forma, complementar os Plano Diretores e os Planos de Bacia, contribuindo para regulamentação de ações e tomada de decisões. Pelo fato dos recursos hídricos usualmente extrapolarem o âmbito municipal, integrando a um ecossistema maior, é imprescindível que os Planos Diretores de Drenagem Urbana sejam formulados em conjunto com os Planos das Bacias Hidrográfica. Os municípios, apesar de não serem detentores dos recursos, geram impactos nesses, assim deve-se unir a gestão da macrodrenagem e microdrenagem, acarretando em um melhor uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos.

3.2 Processo de elaboração dos PDDRU

Para a elaboração do plano, uma série de dados deverão ser coletados e etapas desenvolvidas. Apesar de não existir uma política diretriz as fases, Tucci (2003) propõe um sistema para a elaboração dos PDDrU. A Figura 1 apresenta uma síntese do processo de construção proposta.



Figura 1. Etapas de implantação do Plano Diretor De Drenagem Urbana

Fonte: Adaptado de Tucci (2003)

A elaboração do plano é iniciada com a coleta de informação para a caracterização da situação física, do sistema de infraestrutura do ambiente e a verificação do quadro

geral, quanto as atuais legislações pertinentes ao local e atualmente implementadas. Tratando-se de um estudo da drenagem, dados hidrológicos dos cursos d'água e do histórico de precipitação também são indispensáveis (TUCCI, 2003).

Já a concepção seguirá os princípios determinados na Política Municipal de Saneamento, formulada com o Plano Diretor. Esses incluirão a priorização de medidas não estruturais, a minimização dos impactos, a integração com os Planos de Bacia e os demais Planos Diretores do Município, o zoneamento de regiões de risco, o controle e monitoramento, entre outros. Diagnósticos do cenário atual, prognósticos e análise de cenários futuros serão realizados em seguida (TUCCI, 2003).

Para o desenvolvimento, as medidas serão analisadas juntamente com os cenários futuros visionados. Como produtos dos PDDrU, será elaborado um plano de ação, diretrizes municipais e um manual de drenagem, a ser disponibilizado para o público e que estabelece as regras de implantação dos sistemas de drenagem no município (PARKINSON et al, 2003). Tratando-se de um plano, medidas educativas também devem ser propostas. Do mesmo modo, existirá a necessidade de monitoramento das ações estipuladas, a serem utilizadas para a adaptação perante o crescimento e modificação do ambiente urbano ao qual foi formulado (PARKINSON et al, 2003).

3.3 Cenário atual dos planos de drenagem no Brasil

Como já tratado, não existe uma legislação específica que especifique a obrigatoriedade dos Planos Diretores de Drenagem Urbana. De modo a verificar o panorama atual sobre o tema, serão analisados os dados referentes aos Planos Municipais de Saneamento, aos quais deve ser incluído o manejo de águas pluviais. O Gráfico 1 apresenta o percentual de municípios com os Planos de Saneamento Básico em 2013.

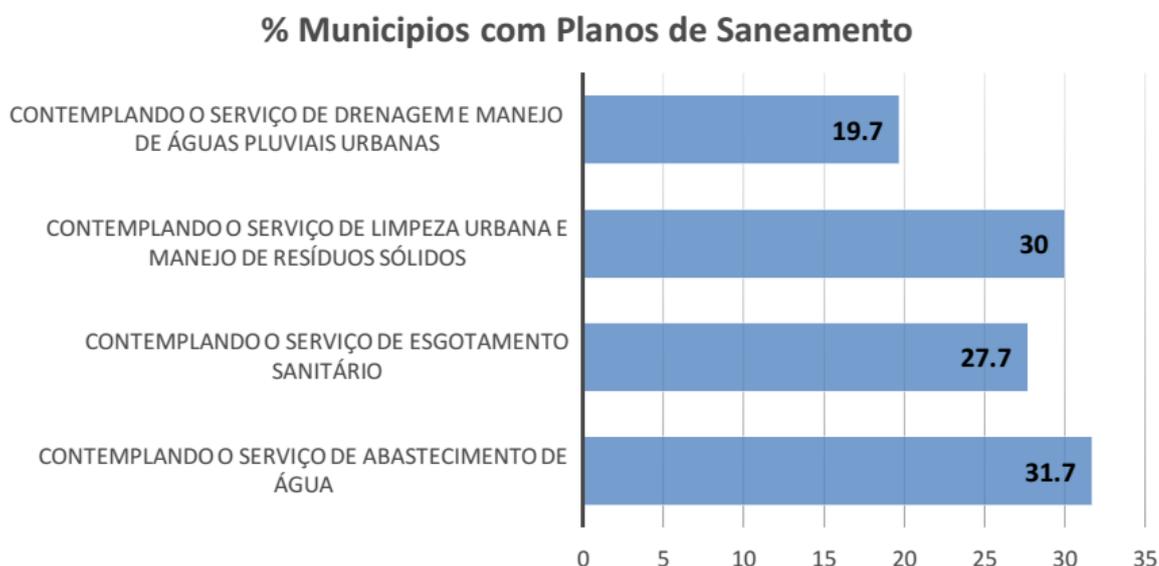


Gráfico 1. Percentual de municípios, conforme o instrumento de planejamento - Brasil – 2013

Fonte: Adaptado de IBGE (2013)

A divergência de percentagens entre os municípios com planos que contemplem a abastecimento urbano, o esgotamento, os resíduos sólidos e o manejo de águas pluviais, demonstra como essa coexistência de instrumentos de gestão não é real. Mais ainda, confirma o não atendimento da legislação quanto a questão da drenagem, ignorando os efeitos que uma má administração dessa gera no ambiente e na qualidade de vida da população.

Segundo o MUNIC somente 19,7% dos Plano de Saneamento Municipais contemplam os serviços de drenagem urbana. Caso sejam analisados todos os instrumentos de gestão relacionados a prevenção de enchentes e escorregamentos, temos que 48% dos municípios não possuem um instrumento implantado (IBGE, 2013).

De modo a explicar os baixos índices, mencionam-se alguns possíveis obstáculos para a implantação dos PDDrU no país (Quadro 1). Conforme, Parkinson et al (2003), os problemas estão distribuídos nos níveis Técnicos, Municipais, Intermunicipais e no nível Estadual e Federal.

Nível	Problemas	Origem
Equipe Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Inadequação tecnológica; • Equipes técnicas em pequenas cidades; • Desconhecimento do sistema de drenagem; • Desconhecimento relativo dos processos físicos envolvidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Carência de investimentos em formação e atualização das equipes • Volume de trabalho insuficiente para formação de equipes adequadas • Inadequação de investimentos em cadastro e gestão patrimonial • Inadequação de investimentos no monitoramento hidrológico e ambiental
Municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Fragilidade do setor responsável pela drenagem • Fragmentação e duplicação das ações no tocante à drenagem 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de autonomia e continuidade administrativa • Inadequação do fluxo de recursos financeiros • Multiplicidade de atores envolvidos • Inadequação do fluxo de informações entre os atores
Intermunicipal	<ul style="list-style-type: none"> • Inadequação no tratamento de questões intermunicipais • Inadequação no tratamento de questões metropolitanas 	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem estritamente municipal dos problemas • Abordagem estritamente municipal dos problemas
Estados e União	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiências na estrutura jurídica 	<ul style="list-style-type: none"> • Carência de formalização das necessidades

Quadro 1. Percentual de municípios, conforme o instrumento de planejamento - Brasil – 2013

Fonte: adaptado de Parkinson et al (2003)

3.4 Exemplos de PDDrU no Brasil

Uma série de municípios conseguiram superar as dificuldades vindas da falta de

recursos e legislações, implantando os seus Planos Diretores de Drenagem Urbana. Comenta-se a seguir os casos de Porto Alegre, do Distrito Federal e do município de São Paulo.

3.4.1 PDDrU do município de Porto Alegre/RS

Como exemplo inicial, o município de Porto Alegre foi o primeiro a elaborar e implantar um Plano Diretor de Drenagem Urbano no Brasil, tornando-se referência para os projetos que se seguiram. A sua elaboração foi iniciada em 1999, sob responsabilidade do Departamento de Esgotos Pluviais – DEP. O seu objetivo principal foi estabelecer diretrizes técnicas e ambientais para os problemas de drenagem do município, garantindo que os efeitos da urbanização não se deslocassem para outros pontos da bacia hidrográfica (PORTO ALEGRE, 2011).

O processo de criação do plano e estudos das bacias foi iniciada com o levantamento cadastral da rede de macrodrenagem e a caracterização da região das subbacias estudadas. Os dados coletados serviram de subsídios para o diagnóstico e o prognóstico do cenário existente. Diferentes cenários de ocupação e de intervenção também foram simulados, a fim de identificar regiões críticas e analisar possíveis soluções para os problemas verificados (ALLASIA et. al, 2011).

Na primeira etapa, apresentada em dezembro de 2000, o estudo inclui as bacias dos arroios Moinho, Areia e Almirante Tamandaré. Em dezembro de 2002, foram entregues os volumes do PDDrU correspondentes às bacias dos arroios Cavalhada, Capivara e Passo das Pedras. Conforme Porto Alegre (2011), uma terceira etapa dará continuidade aos estudos das demais subbacias do município.

A escolha da solução para as bacias citadas, considerou aspectos técnicos, econômicos e práticos. Para as bacias da Areia e Moinho, adotou-se a opção do uso de reservatórios de amortecimentos de cheia, a serem localizados em áreas verdes e praças. Na Bacia do Tamandaré, preferenciou-se somente a ampliação dos condutos, visto a região não apresentar características de futura urbanização e a sua limitação espacial (ALLASIA et. al, 2011).

As bacias do Arroios Cavalhada, Capivara e Passo das Pedras também preferenciam a construção de reservatórios de retenção (ALLASIA et. al, 2011). Como muitos dos municípios, a administração de Porto Alegre preferenciou a adoção de medidas estruturais, porém a adoção de elementos que promovam a retenção é considerada favorável, amortecendo as vazões de pico lançadas a jusante.

3.4.2 PDDrU do Distrito Federal/BR

O segundo plano em análise, traz um modelo de elaboração semelhante as propostas de Tucci (2003) e a de um cenário comum aos municípios: o uso da licitação de serviços terceirizados como solução para as dificuldades técnicas e falta de recursos

humanos.

A elaboração do Plano de Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal - PDDrU-DF foi de responsabilidade da Secretaria Estadual de Obras. O órgão decidiu por contratar o serviço de elaboração do plano, realizando a sua posterior verificação e implantação. Consolidado em 2008 e 2009, esse foi executado em módulos, que resultaram em relatórios (DISTRITO FEDERAL, 2008).

O primeiro módulo, identificou as condições da drenagem, verificando as condições de macrodrenagem, a situação da erosão e riscos geológicos e a disposição de resíduos nos cursos d'água. Em uma segunda etapa, ainda de caracterização, verificou-se os componentes da microdrenagem, caracterizando os sistemas instalados e verificando o Cadastros das Redes de Drenagem do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2008).

Na terceira etapa, realizou-se os diagnósticos e a elaboração do manual de drenagem. Cenários e simulações foram criadas, afim de verificar as necessidades para a futura gestão. Na quarta fase, executou-se o diagnóstico e definiu-se as modificações e modernizações a serem implantadas, incluindo as estratégias para tal. Um plano de gestão da informação objetivou como a política deveria ser desenvolvida (DISTRITO FEDERAL, 2008).

A implantação do PDDrU do Distrito Federal é atualmente de responsabilidade da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil – NOVACAP, assim como a operação dos sistema, análise e fiscalização dos projetos aprovados. A Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – ADASA fiscaliza esses serviços, atuando também na revisão das normas de drenagem e do PDDrU (DISTRITO FEDERAL, 2008).

3.4.3 PDDrU do município de São Paulo

O terceiro caso tratado exemplifica a necessidade de adaptação dos planejamentos as novas demandas e para o controle dos efeitos da expansão urbana. Todo planejamento apresenta uma vida útil e deve ser monitorado para a sua adaptação.

No município de São Paulo, o Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT determinava como deveria ser realizada a gestão da drenagem nas regiões integrantes da Bacia do Alto Tiete. Com o crescimento da região metropolitana de São Paulo e os efeitos da urbanização, o município verificou a demanda pela elaboração de um outro planejamento, que integrasse todas as regiões sob a sua administração (SÃO PAULO, 2012).

O Plano Diretor de Drenagem e Manejo do Águas Pluviais de São Paulo - PMAPSP foi então criado para realizar o manejo das águas pluviais dentro da região metropolitana do município, afim de reduzir a sua vulnerabilidade a chuvas intensas. Sua elaboração foi realizada em paralelo com o PDMAT, atualmente em sua terceira revisão (SÃO PAULO, 2012).

O PMAPSP foi liderado pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SMDU e a sua criação possui como diferencial a integração de diversas secretarias municipais em suas etapas de formulação. Outro elemento de interesse foi a preocupação em definir a geração de subsídios para a integração de seus produtos com os Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo - PDE, os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras - PREs, a Lei de Uso e Ocupação do Solo - LUOS, assim como os Planos das subbacias que abrangem a região (SÃO PAULO, 2012).

A elaboração do plano foi fundada em três pilares: a regulamentação do uso e da ocupação do solo, o desenvolvimento dos programas de drenagem das bacias do município de São Paulo e a elaboração do manual de drenagem urbana e manejo de águas pluviais. O plano propôs que os programas incentivem a adoção de sistemas de gestão sustentável, assim como devem buscar a articulação das ações de drenagem com o planejamento territorial e os demais serviços de saneamento (SÃO PAULO, 2012).

4 | CONCLUSÃO

O estudo realizado permite verificar o não atendimento dos municípios as legislações brasileiras. Apesar da obrigatoriedade da inclusão do manejo das águas pluviais nos Planos De Saneamento Básico, essas não são respeitadas pelos municípios. Verifica-se também uma série de dificuldades para a elaboração e implantação dos planos, como a falta de recursos técnicos e financeiros. Os três casos apresentados trazem uma concepção semelhante de seus planos, cada um demonstrando uma alternativa para superar os obstáculos para a criação dos PDDrU. Apesar de serem exemplos positivos do manejo das águas pluviais no Brasil, essas administrações fazem parte de um grupo restrito no país.

REFERÊNCIAS

ALLASIA, D.G et al. Estudo de caso: plano diretor de drenagem urbana de Porto Alegre/RS. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, XV, 2003, Curitiba. ABRH, 2003. Disponível em: < <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/04/Planodiretor.pdf> > Acesso em: 06 jun. 2018.

BRASIL. **Lei 9.433** - Política Nacional dos Recursos Hídricos. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 06 jun. 2018.

_____. **Lei 10.257** - Estatuto da Cidade. 2010. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 06 jun. 2018.

_____. **Lei 11.445** - Política Nacional de Saneamento Básico. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm >. Acesso em: 06 jun. 2018.

DISTRITO FEDERAL. **Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal**. Plano de Modernização. Relatório de Produto 5. Distrito Federal: CONCREMAT, 2008. 206p. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/drenagem-urbana/plano-diretor-de-drenagem-urbana-pddu-df>> Acesso

em: 06 jun. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Perfil dos Municípios Brasileiros: 2013**. IBGE, 2013. 282p. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2013/defaulttab_pdf.shtm>. Acesso em: 06 jun. 2018.

PARKINSON, D. J. et al. Drenagem Urbana Sustentável no Brasil, In: **Workshop em Goiânia – GO**. Universidade Federal de Goiás. 2003. Disponível em: <www.semarh.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=185>. Acesso em: 06 jun. 2018.

PINTO, L. H., PINHEIRO, S. A. **Orientações Básicas para Drenagem Urbana**. FEAM, 2006.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. 2011. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=66>. Acesso em: 06 jun. 2018.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. São Paulo: SMDU, v.I, 2012. 168p. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manualdrenagem_v1.pdf> Acesso em: 06 jun. 2018.

TUCCI, C.E.M. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M; BERTONI, C. (Org.) **Inundações Urbanas Na América do Sul**. ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 45-129. Disponível em: <<http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/inbr02803.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

QUALIDADE DA ÁGUA NAS TRÊS BACIAS MAIORES (70%) CONTRIBUINTES DA BAÍA DE GUANABARA: GUAPI-MACACU, CACERIBU E IGUAÇU-SARAPUÍ

Ana Carolina Cupolillo Bruno Morena

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

David Neves de Oliveira

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

Herman de Castro Lima Neto

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

Hélder Martins Silva

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

Emmanuel Vieira da Silva-Filho

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

Elisamara Sabadini Santos

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

Edison Dausacker Bidone

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

RESUMO: Um banco de dados disponíveis sobre a qualidade de água fluvial foi estruturado para três sub-bacias hidrográfica afluentes da Baía de Guanabara, diferentes quanto ao uso do solo: Guapi-Macacu (menos impactada), Caceribu (intermediária) e Iguaçu-Sarapuí (altamente impactada). Com o objetivo de comparar a qualidade entre os rios e com a legislação nacional vigente, além de identificar os processos hidrogeoquímicos mais importantes, calculou-se o IQA e aplicou-se análise estatística multiparamétrica. O banco de dados ($n = 678$) apresentou dispersões acima de 100%, com exceção da temperatura e do pH, refletindo os diferentes graus de impacto das três sub-bacias. A demanda bioquímica de oxigênio foi $>20\text{mg L}^{-1}$ e o oxigênio dissolvido $<2\text{mg L}^{-1}$ na Iguaçu-Sarapuí - atividades urbano-industriais; na Guapi-Macacu $<3\text{mg L}^{-1}$ e $>6\text{mg L}^{-1}$, respectivamente, respeitando os critérios legais - abastecimento; e valores intermediários na Caceribu - agropecuária. O IQA indicou qualidade média para Guapi-Macacu e Caceribu, e muito ruim para Iguaçu-Sarapuí. A ACP identificou cargas orgânicas

urbano-domésticas e agropecuárias como forçantes dessa qualidade. Identificou-se leve piora de qualidade nos meses de verão (janeiro a março), devido ao maior aporte de material particulado advindo do escoamento superficial, provocado pelas chuvas. Melhor qualidade das águas na Serra em detrimento da Baixada foi diagnosticado, devido à menor influência humana por indústrias e residências.

PALAVRAS-CHAVE: índice de qualidade da água, processos hidrogeoquímicos, análise por componentes principais.

ABSTRACT: An available database about fluvial water quality was structured to three affluent basin of Guanabara bay watershed, different from each other related with the soil use: Guapi-Macacu (less impacted), Caceribu (intermediate) and Iguaçu-Sarapuí (highly impacted). The aim is to compare the quality among the rivers and with the current national legislation, besides identify the most important hidrogeochemical processes, and so the water quality index (WQI) was calculated and multiparametric statistical analysis was applied. The database (n = 678) showed dispersion above 100%, with exception of the temperature and pH, reflecting the different degree of impact of the 3 sub-basin. The biochemical oxygen demand was $>2\text{mg L}^{-1}$ and the dissolved oxygen $<2\text{mg L}^{-1}$ in the Iguaçu-Sarapuí – urban-industrial activities; in the Guapi-Macacu $<3\text{mg L}^{-1}$ and $>5\text{mg L}^{-1}$, respectively, respecting the legal criteria – supply; and intermediated values in Caceribu – farming. The WQI indicated medium quality to Guapi-Macacu and Caceribu, and too bad to Iguaçu-Sarapuí. The PCA identified urban-industrial and farming organic load like quality forcing. During the summer months (January to March), there was a slightly worse in the quality, due to the higher source of particulate matter coming from runoff, induced by rain. A better water quality in upstream compared to downstream was diagnosed, due to less human influence for industries and residences.

KEYWORDS: water quality index, hidrogeochemistry processes, principal component analysis.

1 | INTRODUÇÃO

A qualidade da água depende das atividades exercidas na bacia hidrográfica, ou seja, depende do uso do solo, que inclui urbanização, agropecuária, indústria, mineração e unidades de conservação, por exemplo. O impacto dessas atividades sobre a água pode e deve ser avaliado, para melhor previsão/prognóstico da qualidade da mesma quanto à poluição ou assoreamento, veiculação hídrica de doenças (SETTI *et al.*, 2001) e mudança hidrogeológica (MECHI; SANCHES, 2010; TUNDISI; TUNDISI, 2008). Neste contexto, o monitoramento ao longo do tempo é importante para conhecer como a bacia se comporta, pois alguns elementos ou substâncias podem estar presentes em maiores concentrações mesmo em regiões bem preservadas, visto que depende também do tipo de rocha, solo e vegetação predominante (BIDONE *et al.*, 1999).

A evolução da qualidade da água ao longo do tempo e a divulgação desses dados à população são facilitados pela utilização do índice de qualidade de água (IQA),

composto por nove parâmetros/indicadores da qualidade (CETESB, 2009; SOARES *et al.*, 2012). Estes parâmetros foram estabelecidos pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos, através da pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental (BROWN, 1974). Esse índice é frequentemente utilizado para comparação entre segmentos de um rio, entre diferentes rios, monitorar a qualidade sazonal, verificar se a legislação está sendo cumprida e identificar fenômenos naturais (OTT, 1978).

Um banco de dados disponíveis sobre a qualidade de água fluvial foi estruturado para as três sub-bacias afluentes mais volumosas na Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara (BHBG): Guapi-Macacu (menos impactada), Caceribu (intermediária) e Iguçu-Sarapuí (altamente impactada). Com o objetivo de comparar a qualidade entre os rios e com a legislação nacional vigente, avaliou-se o uso e ocupação das bacias e calculou-se o IQA. Além disso, considerando-se que as bacias são pequenas, com baixo tempo de retenção (5 a 10 horas) e alta declividade do terreno, avaliou-se ainda as potenciais variações sazonal (inverno e verão) e espacial (serra e baixada).

2 | ÁREA DE ESTUDO

Foram estudados cinco rios da BHBG: Guapi-Macacu, Caceribu e Iguçu-Sarapuí (Figura 1). De forma geral, os rios da região oeste da baía de Guanabara (BG) - Iguçu-Sarapuí - se encontram mais degradados. E os rios que desembocam na porção leste - Guapi-Macacu e Caceribu - encontram-se em melhor estado ambiental, ressaltando que deságuam na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim, uma extensa área de manguezal em bom estado de conservação e, além disso, Guapi-Macacu compõem o sistema de captação de água para abastecimento humano (MASTERPLAN, 2013).

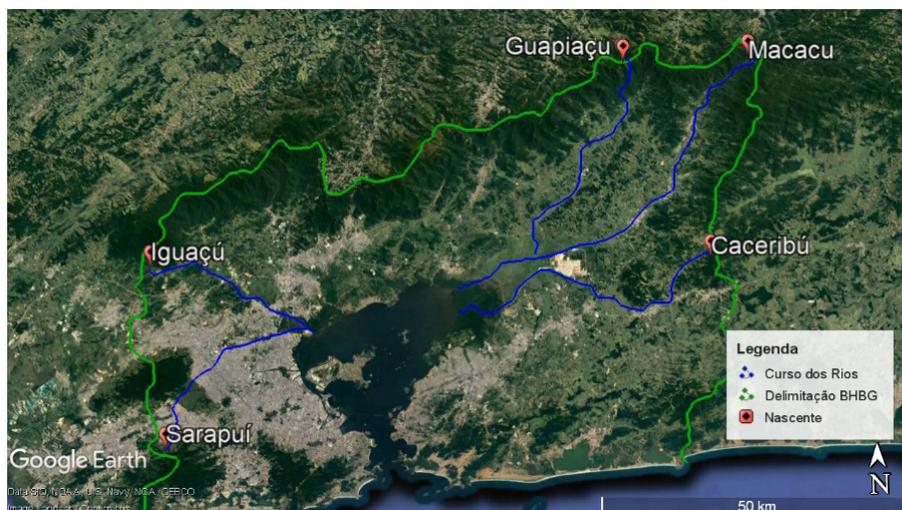


Figura 1 - Mapa da área de estudo com os rios delimitados assim como a área da BHBG.

As três sub-bacias se assemelham por três aspectos: (i) por serem pequenas (entorno de 1.000 km²), e localizadas na região da Serra do Mar; (ii) com setores montante e jusante em forte desnível; (iii) por serem compostas por rios pouco extensos; e (iv) com fatores de forma e de compacidade baixos, típicos de bacias alongadas que, juntamente com a alta declividade do terreno, sugerem tendência à exportação de materiais (LIMA, 2017).

A sub-bacia dos rios Guapi-Macacu corresponde a 31% do total da contribuição continental para a BG, com uma área de drenagem de 1640 km² (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005). Com uma extensão de 73 km (MASTERPLAN, 2013), o curso do rio Macacu foi desviado, passando a ser afluente do rio Guapiaçu (UFF/CEG, 2009) para construção do sistema de captação de água Imunana-Laranjal (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005). Portanto, abastece cerca de 2,5 milhões de habitantes e é utilizado para irrigação e piscicultura (IBG, 2002; CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005; UFF/FEC, 2010a). O uso do solo é rural, com áreas de vegetação natural, agricultura e pastagens (UFF/CEG, 2009).

O rio Caceribu possui extensão de 60 km, sendo a segunda maior bacia de drenagem, com área de 826 km² (20,7 % do total da BHBG, IBG, 2002). Durante a mesma obra, o Caceribu que antes era afluente do Macacu, passou a ter sua própria foz na APA de Guapimirim (UFF/FEC, 2010a). O uso do solo é predominantemente para pecuária, onde sua vegetação herbácea é sujeita a queimadas periódicas para impedir regeneração e crescimento de espécies arbustivas e arbóreas. A agricultura, a indústria de cerâmica, extração de argila e o adensamento populacional significativo são outras atividades importantes (UFF/CEG, 2009).

Já a sub-bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí corresponde à terceira maior da BHBG, com uma área de drenagem de 699,4 km² (17 % do total) e extensão do rio Iguaçu de 43 km (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005; COPPE, 2013; IBG, 2002). É a região com maior adensamento populacional, com agravante de possuir baixo saneamento básico e lançamento irregular de lixo e esgoto *in natura* nos rios (COPPE, 2013; COPPETEC, 2014).

3 | METODOLOGIA

Foi feita uma compilação de dados provenientes de monitoramentos e estudos específicos realizados por diversas instituições, para avaliar o comportamento dos rios e características das águas dos cinco rios. As fontes institucionais de dados foram: FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente), ANA (Agência Nacional de Águas), EIA Comperj (Estudo de Impacto Ambiental do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, CONCREMAT, 2007), Projeto Macacu (UFF/FEC, 2010a), Monitoramento Comperj (UFF/FEC, 2010b), INEA (Instituto Estadual do Ambiente), EIA Guapiaçu (AMBIENTAL ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2013) e Relatório REDUC (Refinaria de Duque de Caxias, UFF/FEC, 2009). Os dados variam

de 1992 a 2015 de forma descontínua.

Os parâmetros do IQA foram escolhidos por representarem aqueles coletados e analisados de forma mais regular e, por isso, representarem melhor a evolução da qualidade das águas fluviais, apesar das descontinuidades temporais observadas nos levantamentos das diferentes instituições. O IQA é um número inteiro, que varia de 0 a 100, ao qual é relacionado à uma classificação. Neste trabalho a classificação adotada foi a do INEA (Tabela 1).

Categoria de Resultados	IQA _{NSF}	Faixas
Excelente	$100 \geq \text{IQA} \geq 90$	
Boa	$90 > \text{IQA} \geq 70$	
Média	$70 > \text{IQA} \geq 50$	
Ruim	$50 > \text{IQA} \geq 25$	
Muito Ruim	$25 > \text{IQA} \geq 0$	

Tabela 1 - classificação do IQA segundo INEA (<http://www.inea.rj.gov.br/>).

Os dados foram apresentados na forma de gráficos *Box Plot* e diferenças significativas entre rios, entre verão e inverno e entre serra e baixada foram testadas a partir do teste *t-Student* no *software Statistica 8.0*. A relação multiparamétrica das três sub-bacias estudadas foram avaliadas por Análise de Componentes Principais (ACP) após normalização pelo método “*ranging*” (MILLIGAN; COOPER, 1985). Os meses de Janeiro, Fevereiro e Março foram considerados como de maior representatividade para a estação chuvosa (verão) e Junho, Julho e Agosto, para a estação seca (inverno). Para a separação do curso superior (serra) de cada rio, seguiu-se os critérios (i) condutividade elétrica característica de água doce ($< 1000\text{mS/cm}$), (ii) parâmetros de influência antrópica reduzidos, e (iii) altitude elevada, levando-se em consideração a cabeceira de cada rio, já que espera-se encontrar regiões de mata preservada, agricultura e pecuária na serra e, na baixada, ocupação urbano-industrial.

Calculou-se também a razão $\text{N-NO}_3\text{:P-PO}_4$, a qual de acordo com Bidone *et al.* (1999), classifica a qualidade dos rios em não poluídos (10 a 100), fracamente poluídos (1 a 10) e poluídos a altamente poluídos (0,1 a 1).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ocupação e uso do solo

Analisando a ocupação do solo COPPETEC (2014):

- Iguaçu-Sarapuí – predomínio de ocupação urbana; nascentes ainda florestadas; e presença de um polo industrial petroquímico na jusante;
- Caceribu – concentração urbana expressiva; nascente e foz bem preserva-

das; extensas regiões de pastagem; polo industrial da Petrobrás; proximidade do COMPERJ; e produção de argila (mineração);

- c. Guapi-Macacu – nascente e foz bem preservadas; adensamento populacional pouco expressivo; regiões de pastagem; proximidade do COMPERJ; e polo de água mineral.

Para o cálculo estimado do adensamento populacional nas regiões foi feita a soma da população dos municípios por onde os rios passam tomando como base o estudo do Consórcio Ecologus-Agrar em 2005. A bacia Guapi-Macacu possui cerca de 67 mil habitantes na região urbana e 20 mil na rural; Caceribu, 228 mil na urbana e 22 mil na rural; e Iguaçu-Sarapuí, 2,5 milhões na urbana e 3 mil na rural. Ou seja, Caceribu possui cerca de 3 vezes mais habitantes na região urbana comparado com Guapi-Macacu; e Iguaçu-Sarapuí cerca de 11 vezes mais que Caceribu. Já para a população rural, segue a ordem Caceribu > Guapi-Macacu > Iguaçu-Sarapuí.

Para o descarte de efluentes foi utilizado o mesmo princípio anterior com o censo de 2000 do IBGE, concluindo que a bacia Guapi-Macacu apresenta apenas 52,5% de seu esgoto direcionado a uma rede, Caceribu apenas 30,23% e Iguaçu-Sarapuí quase 60%. Além disso, apesar de coletado não é tratado adequadamente, como mostra o estudo do PSAM (Programa de Monitoramento Ambiental dos Municípios no Entorno da baía de Guanabara, 2014), onde a bacia Guapi-Macacu não possui esgoto tratado, Caceribu 2% e Iguaçu-Sarapuí cerca de 8% (tendo algumas disparidades, com o município de Belford Roxo com 34% e Nilópolis e São João de Meriti com 0%, por exemplo).

4.2 Panorama dos dados

O banco de dados estruturado, para todos os rios durante o período analisado, totalizou um número de 678 amostras de água. Todos parâmetros apresentaram dispersões ($[(\text{Desv. Pad} / \text{Média}) \times 100]$ acima de 100%, com exceção da temperatura e do pH, refletindo os diferentes graus de impacto das três sub-bacias. Diferença significativa entre os cinco rios foram identificadas (teste t-Student; $p < 0,05$) para pH, coliformes, OD (oxigênio dissolvido) e DBO (demanda bioquímica de oxigênio, Figura 2).

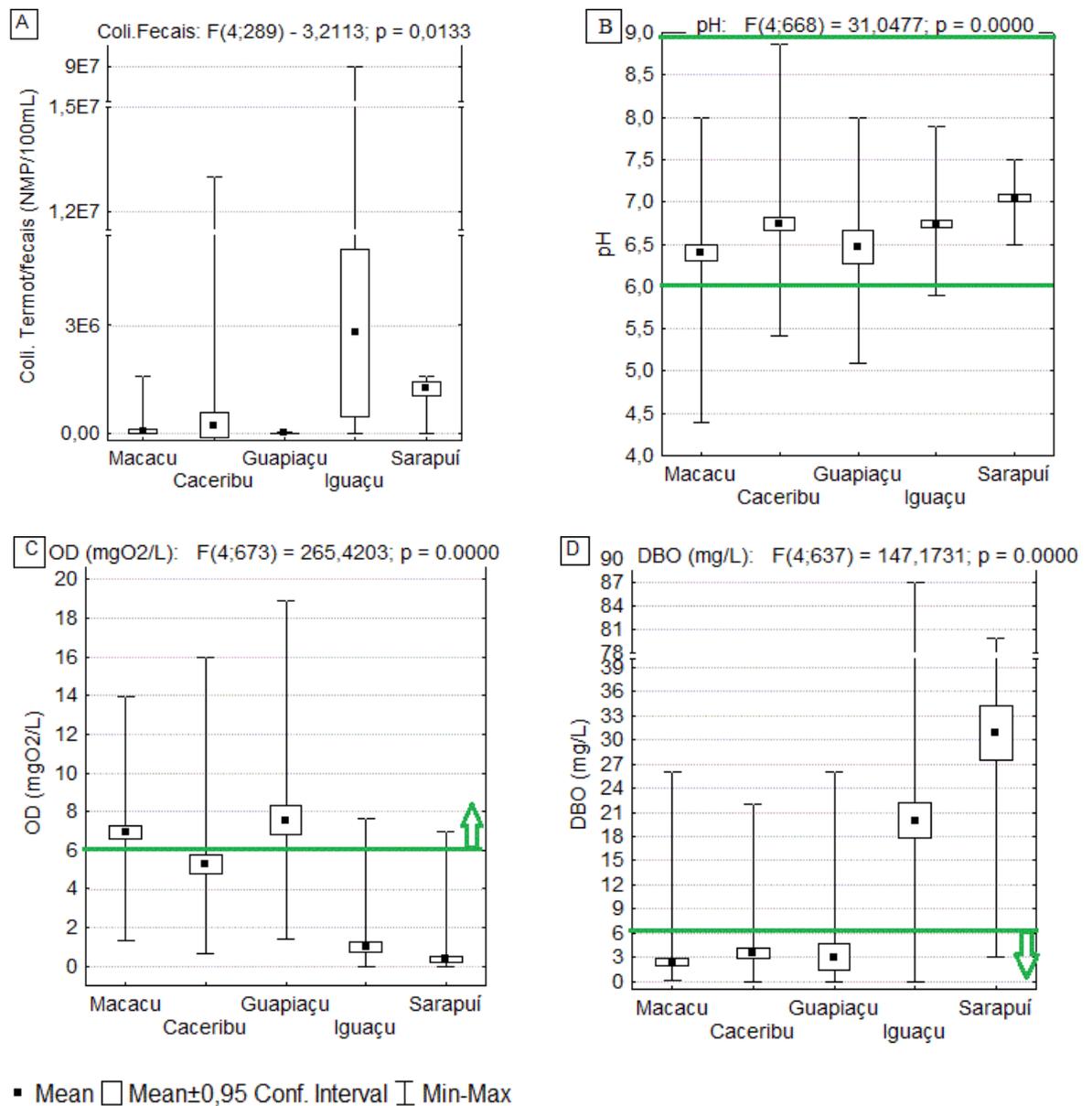


Figura 2 - Comparação de (A) coliformes fecais, (B) pH, (C) OD, (D) DBO para os 5 rios (todos com $p < 0,05$); as linhas verdes representam o limite da Resolução CONAMA 357 para águas doces de classe 2.

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, o limite máximo de coliformes fecais em águas de classe 2 deve ser 1.000 NMP/100 mL. Não foi possível marcar no gráfico devido à diferença entre máximos e mínimos ser muito acentuada. Os rios Guapi-Macacu apresentam alguns valores abaixo do limite, porém, mesmo servindo de água para abastecimento, possui valores acima daqueles estabelecidos. O Caceribu possui maior variação dos valores e os rios Iguaçu-Sarapuí possui valores bem acima do limite.

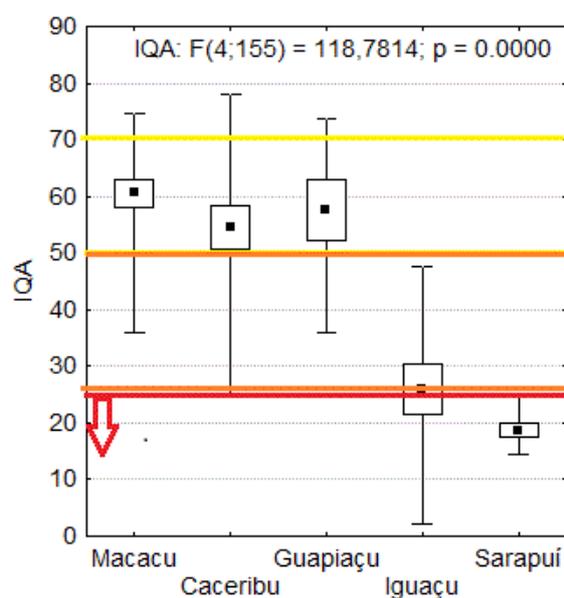
Para o pH, há uma tendência à alcalinidade nos rios Caceribu e Iguaçu-Sarapuí e leve acidificação para Guapi-Macacu, já que águas doces naturais tendem a ser pouco ácidas e o esgoto tende a ser alcalino. De forma geral, considerando que o intervalo estabelecido pela CONAMA 357/2005 é entre 6 e 9 para pH, todos os rios possuem maioria de seus dados enquadrados.

Ainda de acordo com a mesma Resolução, a concentração de OD deve ser

acima de 6 mg/L. Os rios Guapi-Macacu têm valores sempre acima, Iguaçu-Sarapuí com valores entre 0 e 2 mg/L, mostram altas cargas orgânicas. O Caceribu apresentou valores intermediários de OD, com alguns dados acima do limite.

Já para DBO, os rios Guapi-Macacu e Caceribu possuem a maioria dos dados com valores abaixo de 5 mg/L, como preconiza a Resolução CONAMA 357/2005, e os rios Iguaçu-Sarapuí com valores acima de 18 mg/L em sua maioria, acompanhando os dados de OD, já que a DBO está relacionada às cargas orgânicas e consequente consumo de oxigênio.

Para análise do IQA foram utilizados gráficos apenas do período de 2010-2015 (n = 160), pois apenas Projeto Macacu e INEA possuem os 9 parâmetros que compõem o IQA (Figura 3). Os rios se diferenciam significativamente entre si em relação às faixas de IQA e seguem a ordem de melhor para pior qualidade: Macacu > Guapiaçu > Caceribu > Iguaçu > Sarapuí.



▪ Mean □ Mean±0,95 Conf. Interval ┘ Min-Max

Figura 3 - IQA no período 2010-2015, comparando os cinco rios, com a delimitação do valor de IQA de acordo com as cores da classificação: amarelo: médio, laranja: ruim; vermelho: muito ruim.

Foi possível dividir os dados em dois grandes grupos. O primeiro, com boa parte dos dados com $IQA \geq 50$ (qualidade média), para os rios Macacu, Guapiaçu e Caceribu. Com destaque para o sistema Guapi-Macacu que alimentam o sistema de captação de água para abastecimento de Imunana-Laranjal. Já o Caceribu, comporta-se de forma intermediária, pois possui maior quantidade de indústrias, agricultura e pecuária em relação aos outros dois.

O segundo grupo com $IQA \leq 25$, representando qualidade de ruim a muito ruim, é o dos rios Iguaçu-Sarapuí, dois dos rios mais poluídos da BHBG, com maior atividade urbano-industrial por todo seu percurso, além de lançamento de efluentes domésticos em grande.

4.3 Análise dos Processos Hidrogeoquímicos

A fim de estudar melhor os processos que regem os componentes hidrogeoquímicos dos rios, efetuou-se análise multiparamétrica dos dados. Foram selecionados parâmetros de maior representatividade no banco de dados (maior número amostral), o que, infelizmente, não contemplou todos os parâmetros que compõem o IQA.

Duas ACPs foram geradas, uma com as nove variáveis ($n = 167$) utilizadas para o cálculo do IQA (exceto o fosfato, substituído por fósforo total) e outra com seis variáveis ($n = 531$). Foi utilizado o fósforo total (PT) porque o número amostral é maior e, também, porque é um importante indicador de carga particulada (Figura 4).

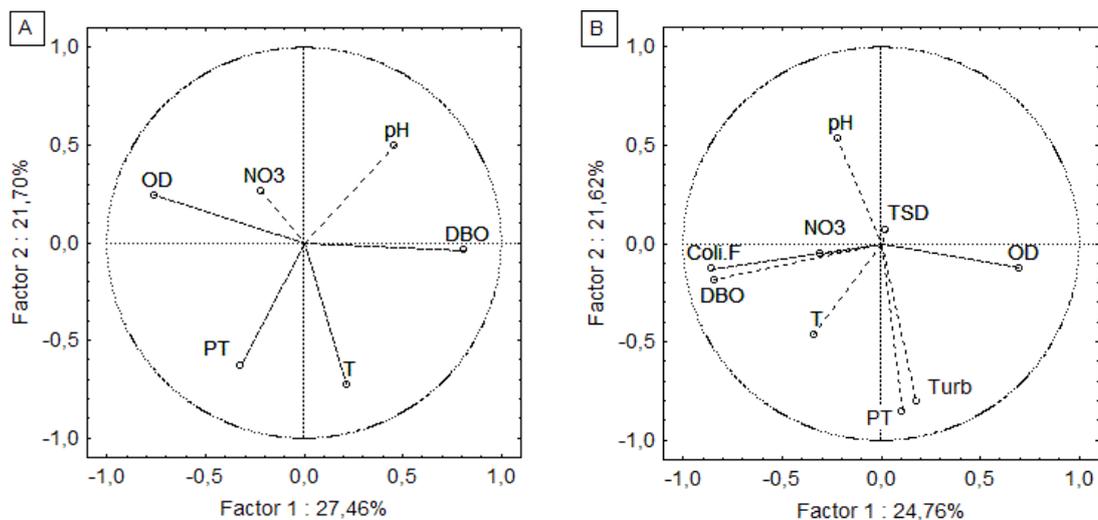


Figura 4 - (A) ACP com os 6 parâmetros de $n=531$ e (B) ACP com 9 parâmetros do IQA de $n=167$.

No primeiro gráfico de ACP (6 variáveis – figura 4A) é possível observar que os parâmetros que regem o Fator 1 são oxigênio à esquerda e DBO e pH à direita, indicando que esse fator pode representar o processo de oxidação da carga orgânica provinda da bacia de drenagem (agropecuária e esgoto), consumindo o OD. O pH também aumenta (torna-se mais alcalino) conforme aumenta a carga de esgoto, ou seja, é diretamente proporcional ao aumento de DBO. Em contrapartida, o oxigênio dissolvido aumenta com a diminuição da carga de esgoto lançada, visto que a degradação da matéria orgânica consome OD.

Já no Fator 2, os parâmetros que regem são PT e temperatura abaixo e pH acima. O PT é um indicador de aumento de carga em suspensão, pois representa a fração particulada. Esse aumento de carga é consequência do aumento de chuvas que carregam material terrestre para os rios. Como o período chuvoso é durante o verão nesta região, há um aumento na temperatura diretamente proporcional ao aumento de PT. Como o pH diminui (torna-se mais ácido) no período chuvoso, ou seja, como os dois parâmetros são inversamente proporcionais, ele apresenta-se no outro extremo da ACP em relação ao PT.

O mesmo ocorre para a ACP com 9 variáveis (Figura 4B), onde os 3 parâmetros

a mais confirmam os processos acima, com o PT acompanhando a turbidez que representa aporte de carga e os coliformes fecais acompanhando a DBO, sugerindo que essa carga tem significativo teor orgânico, possivelmente provinda de efluentes agropecuário e urbano/industrial. Sendo assim, o Fator 1 representa entrada de carga orgânica e o Fator 2, entrada de carga particulada por escoamento superficial devido às chuvas/lavagem das bacias.

4.4 Efeito da sazonalidade – Verão e Inverno

Na figura 5 estão representadas a média do IQA para as duas estações do ano mais marcadas (verão e inverno). É possível observar que os valores não variam muito entre as estações, porém há, em alguns casos, uma leve melhora nos meses de inverno, visto que no verão, com a maior incidência de chuvas, ocorre um aumento no escoamento superficial, responsável por carrear mais material das bacias de drenagem para dentro dos rios, diminuindo sua qualidade. Os rios Iguazu e Sarapuí diferem significativamente dos demais rios avaliados, conforme já discutido anteriormente.

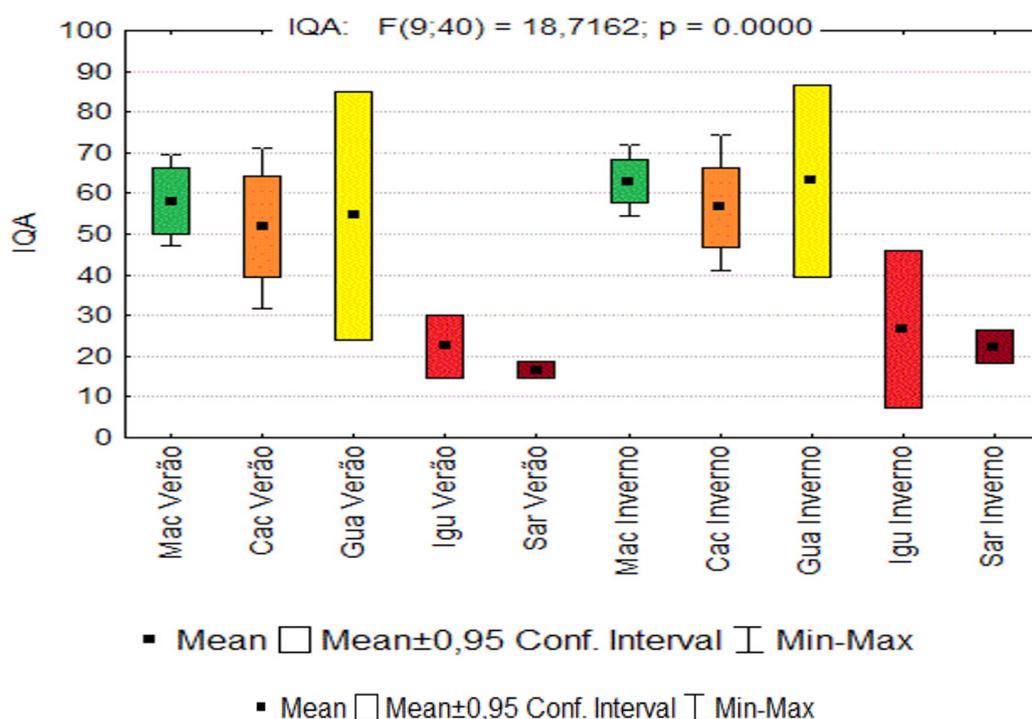


Figura 5 - Distribuição do IQA em cada rio separado por estação do ano (verão e inverno).

Análises multiparamétricas foram realizadas a partir da média dos dados de janeiro, fevereiro e março e de junho, julho e agosto. O Fator 1 explica 26% da variância dos dados durante o verão (Figura 5A) e 40 % durante o inverno (Figura 5B). No verão, os parâmetros que regem o Fator 1 são, de um lado, DBO, coliformes e pH mais expressivos se contrapondo à turbidez e PT, indicando que podem haver duas diferentes fontes de carga orgânica nessa estação: esgoto e escoamento superficial. Já no inverno, os parâmetros são DBO, coliformes, turbidez, PT se contraponto ao OD. O Fator 2 nas duas ACPs, não representa nenhum processo biogeoquímico relevante,

provavelmente devido ao 'n' amostral reduzido (n = 58 no verão e n = 33 no inverno).

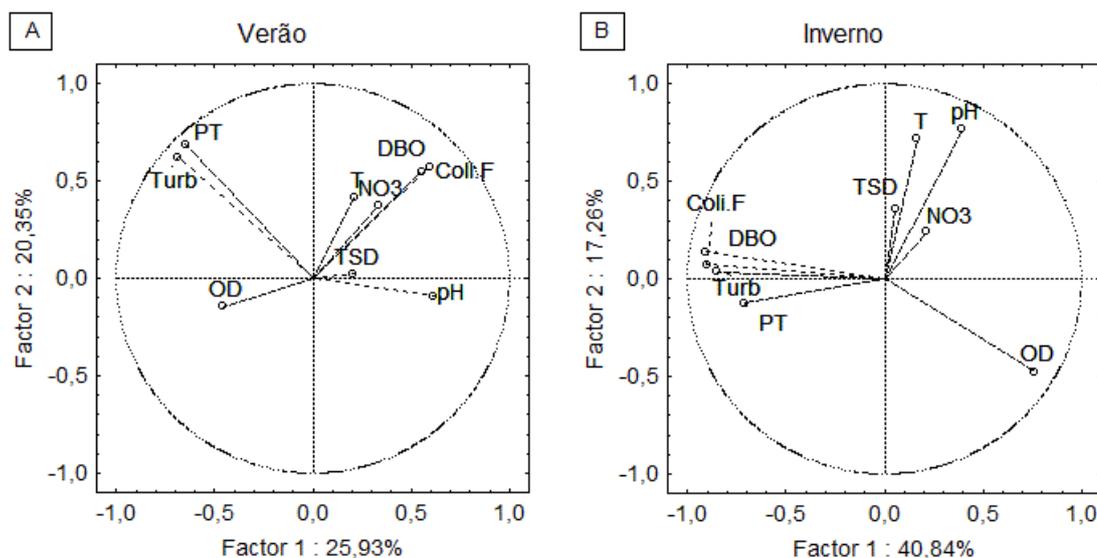


Figura 6 - (A) ACP para os meses de verão (n = 58) e (B) para os meses de inverno (n = 33).

Diferenças significativas (teste t-Student; $p < 0,05$) foram observadas para os parâmetros temperatura, pH e nitrato. A temperatura varia cerca de 5 °C entre as estações; o pH torna-se levemente mais ácido no verão devido às chuvas; e o nitrato, no verão, é menor nos rios Macacu e Caceribu e é maior no rio Iguaçu. É provável que a ocupação do solo interfira nessa diferença. Pode ser que, especificamente para o nitrato, nas regiões dominadas por agropecuária (Caceribu e Macacu), a diluição pelas chuvas no verão seja mais expressiva que o aumento do aporte superficial, diminuindo as concentrações de nitrato nessa estação do ano. Ou, ainda, que o nitrato seja consumido pela produtividade primária nessas regiões que possuem águas mais claras e, provavelmente, maior produtividade primária comparando com os outros rios. Já para a região dominada por indústrias e maior densidade demográfica (rio Iguaçu), o escoamento superficial dos solos (“lavagem da bacia”) é mais expressivo que a diluição, fazendo com que a concentração de nitrato aumente no verão.

Uma discussão mais detalhada dos processos biogeoquímicos necessitaria de uma avaliação mais completa das formas inorgânicas de nitrogênio (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+), vinculadas ao potencial de oxi-redução, no entanto, não existem dados disponíveis.

4.5 Efeito da Compartimentação do Relevo – Serra e Baixada

Separando-se os dados em Serra (montante) e Baixada (jusante), foram realizadas novas ACPs (Figura 7). Na Serra (Figura 7A), o nitrato é bem mais expressivo no Fator 1 junto à DBO, aos coliformes e ao TSD (total de sólidos dissolvidos). Considerando que o Fator 1 é expresso pela entrada de carga orgânica (esgoto e agropecuária), na Serra, essa relação entre nitrato e demais parâmetros provém da matéria orgânica disponibilizada por essa região, (agropecuária). Pode ser, também, um indicativo de

nitrificação por ser um ambiente mais óxico.

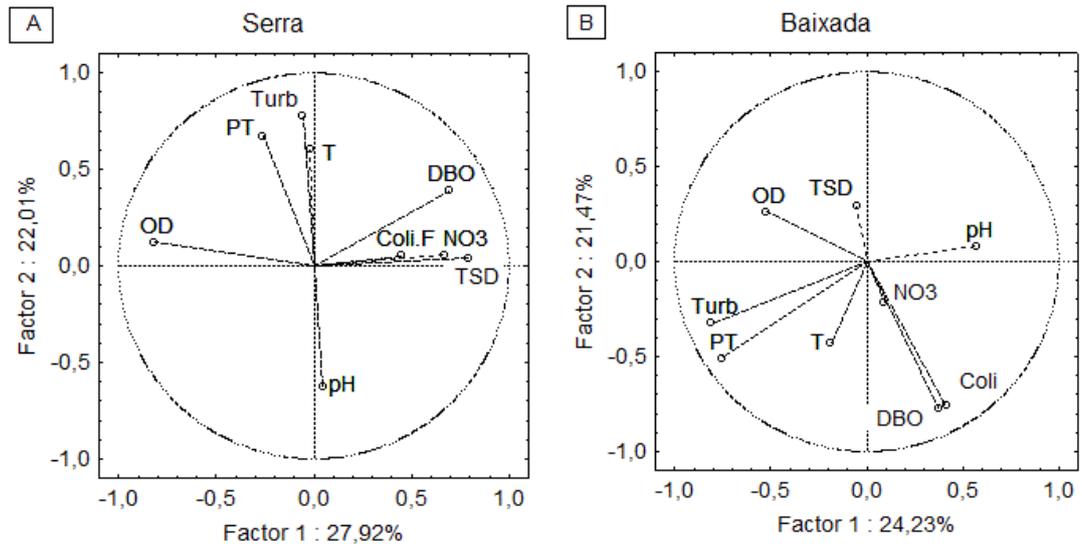


Figura 7 - ACP representando os processos (A) na Serra (n = 59) e (B) na Baixada para o banco de dados (n = 103).

O nitrato é um nutriente utilizado como fertilizante, os coliformes podem ser provindos dos animais da pecuária e a DBO é a consequência dessa elevada carga orgânica que consome mais oxigênio para sua degradação, processo confirmado pela oposição do OD no Fator 1.

Já o Fator 2, na Serra, segue o mesmo padrão observado para a ACP com 9 variáveis apresentado acima, sendo bem mais expressivos nessa ACP-Serra, indicando aumento de carga particulada (turbidez e PT) durante as chuvas de verão. Os parâmetros temperatura, turbidez e PT se contrapondo ao pH indicam, também, que, com a lavagem da bacia, esse maior aporte de particulado implicaria em maior aporte de substâncias húmicas reduzindo o pH.

Para a ACP-Baixada (Figura 7B), no Fator 1, o mesmo padrão que o anterior é observado, aumento de chuvas que gera aumento na turbidez e no PT durante o verão (maior temperatura) ou período de seca que concentra esses elementos. Para o Fator 2, coliformes e DBO estão muito expressivos e, no outro extremo, OD, confirmando maior entrada de efluentes, neste caso, doméstico.

Foram gerados gráficos de IQA no *Box Plot* dividindo em Serra e Baixada (Figura 8).

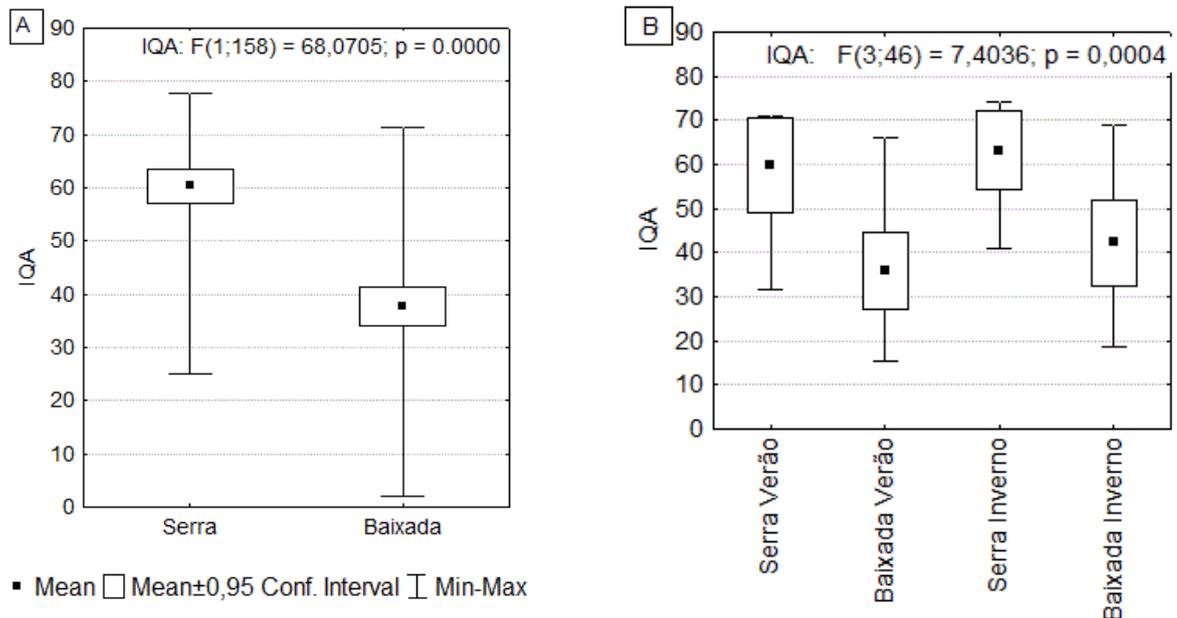


Figura 8 - Box Plot do IQA para (A) Serra e Baixada e (B) Serra e Baixada separados em inverno e verão para os cinco rios.

Comparando-se o IQA da Serra ao da Baixada é possível observar que a qualidade da água na Serra varia próximo à 60, indicando uma qualidade média e, na baixada, ruim (< 40). Confirmando que é possível separar os dados em dois grupos e, ainda, que a qualidade na Serra, apesar de apresentar significativa atividade de agropecuária, ainda mantém uma qualidade melhor, devido à maior preservação da mata ciliar e ao menor despejo de esgoto.

Já na Baixada, mesmo para os rios Guapi-Macacu, os valores de qualidade de água indicam significativa influência antrópica, levando-se em consideração a média. Além disso, as regiões em que os rios Iguçu e Sarapuí percorrem possuem um elevado adensamento populacional e alguns polos industriais. Comparando-se os valores de inverno e verão, é possível confirmar que no verão a qualidade da água sofre uma leve diminuição devido ao maior escoamento superficial provocado pelo aumento das chuvas. Validando, também, o Fator 2 das ACPs anteriores.

Vale lembrar que a bibliografia não possui dados para as regiões a montante dos rios Iguçu e Sarapuí, portanto, seus dados foram considerados todos como Baixada. Porém, como é possível observar na figura 9, apesar de a qualidade ser melhor, o padrão se mantém para Guapi-Macacu e Caceribu, ou seja, a qualidade das águas de Serra é melhor que a de Baixada, com $p < 0,05$, mesmo para os três rios mais preservados.

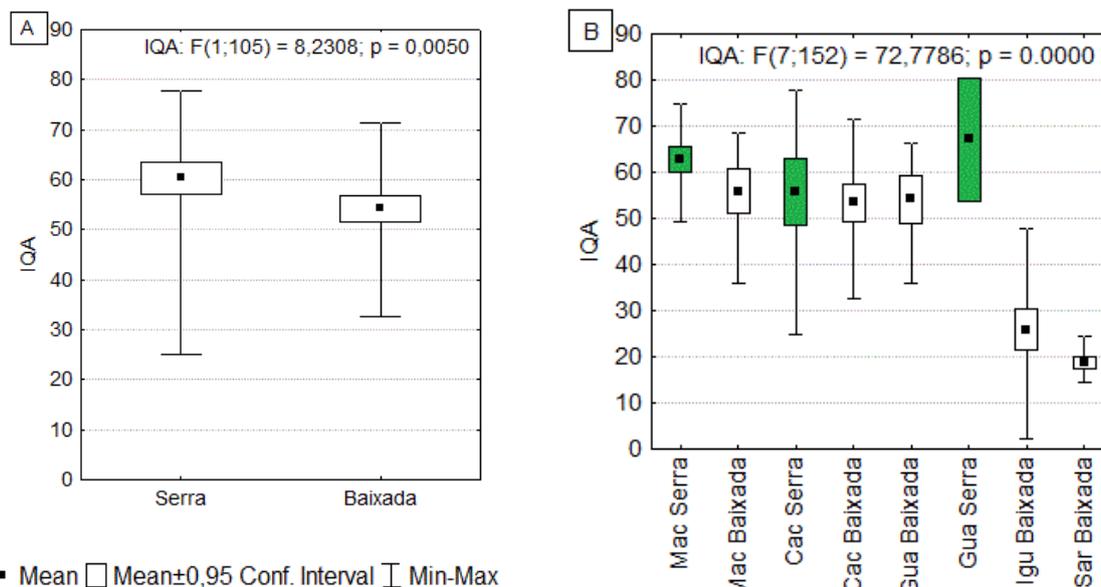


Figura 9 - Box Plot comparando-se (A) Serra e Baixada dos rios Guapi-Macacu e Caceribu e (B) Serra e Baixada separada para cada rio. Em verde os dados considerados de Serra.

Separando os rios individualmente em Serra e Baixada é possível confirmar a hipótese que as qualidades são melhores para a Serra mesmo para os rios mais preservados, com destaque para a melhor qualidade no rio Guapiaçu, que apresenta, menor ocupação do solo e as matas mais preservadas que funcionam como filtro/barreira para o escoamento superficial.

Diferenças significativas (teste t-Student; $p < 0,05$) foram observadas para os parâmetros pH, OD, turbidez, nitrato e PT. Nos rios Macacu e Caceribu, OD e pH são menores na baixada, e turbidez, nitrato e PT são maiores na baixada, devido à maior entrada de efluentes domésticos e material orgânico provindo da agropecuária nas regiões mais à jusante. O Guapiaçu apresentou melhores resultados ao longo de todo seu percurso como foi visto nas outras análises, portanto poucos parâmetros variaram ao comparar Serra e Baixada (4 de 9 parâmetros).

4.6 Razão N-NO₃:P-PO₄

Um dos motivos da utilização dessa razão é a avaliação do nutriente limitante para a produtividade primária (REDFIELD, 1958). Valores de razão N:P superiores a 16, indicam limitação por fósforo; já os valores abaixo de 5 indicam limitação por nitrato.

Para o banco de dados, foi calculada a razão N:P utilizando dados de nitrato e fósforo, para as estações que possuíam dados para mais de um mês do verão ou do inverno em determinado ano (Tabela 2). Como o INEA/FEEMA disponibiliza apenas os dados de PT, e a maior parte do banco de dados para os rios Iguçu-Sarapuí provém dessa fonte, não foi possível calcular a razão para esses dois rios.

Estações		N-NO ₃ :P-PO ₄ verão	N-NO ₃ :P-PO ₄ inverno	Rio
MA2	Cemitério (2009)	25,64	12,39	Macacu
MA4	Parque Ribeira (2009)	32,91	15,02	Macacu
	Macacu Mont (2007)	160,54		Macacu
MA5	M1 (2009)	213,86	280,22	Macacu
	M1 (2010)	6,40	34,69	Macacu
MA6	M2 (2009)	188,46		Macacu
	M2 (2010)	12,61		Macacu
	Mac-Guapi Jus (2007)	101,86		Macacu
MA7	Imunana (2009)	127,69	37,43	Macacu
	M4 (2009)	62	143,08	Macacu
	M4 (2010)	3,34		Macacu
MA8	M5 (2009)	86,85	388,48	Macacu
	M5 (2010)	2,79		Macacu
MA9	M6 (2009)	166,07	169,91	Macacu
	M6 (2010)	12,01		Macacu
CA2	Tanguá (2009)	101,53	19,98	Caceribu
	Caceribú Mont (2007)	136,55		Caceribu
CA3	C1 (2009)	89,09	194,72	Caceribu
	C1 (2010)	9,73		Caceribu
CA4	Reta Nova (2009)	59,30	58,91	Caceribu
CA5	C2 (2009)	106,54	329,05	Caceribu
	C2 (2010)	3,29		Caceribu
	Caceribú Jus. (2007)	41,39		Caceribu
CA6	BR493 (2009)	9,68	7,64	Caceribu
	C3 (2009)	1,32	61,56	Caceribu
	C3 (2010)	0,42		Caceribu
CA7	C4 (2009)	177,66		Caceribu
GU1	Duas Barras (2009)	83,40	26,82	Guapiaçu
GU2	M3 (2009)	37,35		Guapiaçu

Tabela 2 - Razão N-NO₃:P-PO₄. Em todas as estações de montante para jusante em cada rio. Classificação: verde = rios naturais, não contaminados, amarelo = fracamente poluídos.

Em verde estão os 'rios pequenos fracamente poluídos' e em amarelo 'rios naturais pequenos e grandes' (BIDONE *et al.*, 1999). Como os três rios são de regiões com predomínio de agropecuária sobre entrada de efluentes domésticos, as concentrações de nitrato e fosfato era de esperar que fossem mais elevadas devido à carga de fertilizantes e despejos originados do gado.

Nos meses de inverno os rios apresentam-se com valores mais próximos de rios naturais já que, nesse caso, a influência do escoamento superficial é menor, carreando menos material para os rios. Já para os meses de verão, mesmo os rios que servem para abastecimento, apresentam algumas regiões como rios fracamente poluídos, justamente pela interferência do escoamento superficial provocado pela maior incidência de chuvas, como descrito acima no tópico de efeito da sazonalidade.

Apesar de não possuir dados nesses períodos para o rio Iguaçu, foi calculada a razão a partir do trabalho de Brandini *et al.* (2016) a fim de se obter um valor

característico para este rio. O ponto coletado foi próximo à foz no mês de abril e o resultado encontrado foi de 0,08, caracterizando-o como um rio altamente poluído.

5 | CONCLUSÃO

Apesar das nascentes de todos os rios estudados estarem inseridas em regiões ainda preservadas, de densa vegetação e, na maioria das vezes, dentro de unidades de conservação, o curso de cada rio possui um tipo de ocupação do solo: a bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí possui alta densidade demográfica e importantes polos industriais, a bacia dos rios Guapi-Macacu possui regiões ainda preservadas, apesar da ocupação urbana e das regiões de agropecuária, e a bacia do rio Caceribu como um intermediário às duas outras bacias, possui ocupação urbana, relativamente expressiva, regiões de agropecuária e presença de um polo de extração de argila importante.

O IQA indicou uma ordem de qualidade das três bacias: Guapi-Macacu > Caceribu > Iguaçu-Sarapuí, com as duas primeiras com valores centrados na qualidade média ($50 < \text{IQA} < 70$) e a bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí com qualidade sempre ruim ($\text{IQA} \sim 40$) e muito ruim ($\text{IQA} \sim 25$). O IQA mostrou uma leve piora de qualidade nos meses de verão (janeiro a março) devido ao maior aporte de material particulado advindo do escoamento superficial provocado pelas chuvas. Entretanto, mostrou diferenças entre os compartimentos Serra e Baixada.

Avaliando, com o uso de ACP, os processos que regem os componentes hidrogeoquímicos dos rios foi possível diferenciar dois processos: (i) entrada de matéria orgânica provinda de efluentes domésticos e industriais e da agropecuária (de acordo com o uso predominante do solo); (ii) entrada de carga particulada a partir do escoamento superficial induzido pelas chuvas. A sazonalidade praticamente não interfere no modelo dos processos.

O nitrato apresentou-se em maiores concentrações nas regiões de agropecuária e diluído durante o verão. Os processos se mantêm nos dois compartimentos, Serra e Baixada. Apenas com o nitrato (provindo de fertilizantes, principalmente) apresentando uma tendência a acompanhar DBO na Serra, e um incremento dos coliformes provindos de atividades humanas na Baixada.

Nas cabeceiras se hipotetiza que o menor volume de água durante o inverno faz com que as concentrações dos parâmetros aumentem nessa estação, já no verão, o fator de diluição é mais expressivo que o carreamento pelo escoamento superficial, resultando em uma água de melhor qualidade.

REFERÊNCIAS

AMBIENTAL ENGENHARIA E CONSULTORIA. **Estudo de Impacto Ambiental para Análise de Viabilidade Ambiental da Implantação da Barragem do Rio Guapi-Açú com vistas à ampliação**

da oferta de água para a região do Conleste Fluminense localizado no Município de Cachoeiras de Macacu/RJ. Rio de Janeiro, 2013.

BIDONE, E.D. et al. Natural and Cultural Nutrient Levels in Rivers of Small Coastal Watersheds, S-SE, Brazil. *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems*, Rio de Janeiro, Brazil. **Série Geoquímica Ambiental**, v.6 p.89-103, 1999.

BRANDINI, N. et al. Nutrient behavior in a highly-eutrophicated tropical estuarine system. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.28. 2016.

BROWN, 1974 BROWN, R. M. & McClelland, N. I. **Up from chaos: the water quality index as an effective instrument in water quality management.** Michigan: National Sanitation Foundation, 1974. 27 p.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 2009. 43p.

CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara. Relatório Final - Síntese. Rio de Janeiro, 2005. 190p.

COPPE, Instituto Alberto Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Plano diretor de recursos hídricos, controle de inundações e recuperação ambiental da bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí. Projeto Iguaçu. Resumo Técnico. Laboratório de Hidrologia da COPPE. Rio de Janeiro, 2013. 325p.

COPPETEC. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro, PERHI-RJ. Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2014. 125p.

IBG, Instituto Baía de Guanabara. **Nossos Rios.** Niterói, 2002. 31p.

INEA, Instituto Estadual do Ambiente. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mde0/~edisp/inea0014751.pdf>. Acessado em: 23/08/2018

LIMA, H.C. **Balanço de fluxos hidrogeoquímicos na bacia do rio Guapi-Macacu, RJ.** Niterói, 2017. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

MASTERPLAN, Consultoria de Projetos e Meio ambiente. Águas da baía de Guanabara (AGBG). Entidade delegatária das funções de Agência de águas. **Plano Corporativo.** Rio de Janeiro, 2013.

MECHI, S., SANCHES, D.L. Impactos ambientais na mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.24, n.68. p.209-220, 2010.

MILLIGAN, G. W., & COOPER, M. C. An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. **Psychometrika**, v.50, p.159–179. 1985

OTT, W. **Water quality indices: a survey of indices in the United States.** Environmental Monitoring Series. Washington D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 1978. 118p.

REDFIELD, A.C. The biological control of chemical factors in the environment. **American Scientist**, v.46, n.3, p.205-211. 1958

SETTI, A.A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** 2ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2001. 207p.

SOARES, F.F.L., et al. Uso de índices descritivos e preditivos para diagnósticos de corpos d'água. In:

INEA (Org.). **Revista INEANA**. Rio de Janeiro, v.1, n.1, 2012.

TUNDISI, J.G., TUNDISI, T.M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

UFF/CEG. Mundo & Vida: alternativas de estudos ambientais, ano 10, v.10, n.2. Niterói: **Instituto de Geociências**. 2009.

UFF/FEC, **Estimativa da participação da UM-REDUC nas cargas de contaminantes exportadas para a baía de Guanabara, devido ao descarte de seu efluente no Rio Iguaçu. Relatório Final**. Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geoquímica – Niterói, RJ, 2009.

UFF/FEC, **Planejamento Estratégico da Região Hidrográfica dos Rios Guapi-Macacu e Caceribu-Macacu**. Niterói, RJ, 2010a. 544p.

UFF/FEC. **Programa de Monitoramento de parâmetros ambientais do COMPERJ**. Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ, 2010b.

O HIDROGÊNIO COMO VETOR ENERGÉTICO

Diego Rafael Laurindo

UNIOESTE, Departamento de Engenharia Elétrica
Foz do Iguaçu - Paraná (Brasil)

Oswaldo Hideo Ando Junior

UNILA, Instituto Latino-Americano de Tecnologia,
Infraestrutura e Território
Foz do Iguaçu - Paraná (Brasil)

RESUMO: A necessidade de expansão dos sistemas de geração de energia elétrica para atendimento a crescente demanda ao redor do mundo, encontrou na tecnologia aparato suficiente para tornar a geração distribuída uma realidade, possibilitando, através das fontes sustentáveis, o incremento da produção de energia elétrica sem a necessidade de agressão ao meio ambiente. Nesse contexto, as células a combustível se apresentam como uma tecnologia moderna, sendo uma das apostas para o futuro energético. O avanço da tecnologia permitirá que as células a combustível sejam amplamente utilizadas na geração distribuída, tendo a previsibilidade de produção de energia 24 horas por dia, 365 dias por ano, sendo essa uma das maiores vantagens frente as outras fontes, como solar e eólica. Assim, esse trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre a utilização do hidrogênio como vetor energético, explanando sobre a geração de hidrogênio, os métodos de

armazenamento dessa matéria, sua aplicação em células a combustível e por fim os vários tipos de células a combustível disponíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrogênio, Vetor Energético, Células a Combustível, Fontes de Energia Renovável.

1 | INTRODUÇÃO

As conquistas tecnológicas obtidas nas últimas décadas mostram como a evolução dos componentes eletrônicos e das áreas em que os mesmos afetam tem ocorrido mais rapidamente do que se pôde prever. Contudo, os avanços para geração de energia elétrica podem não satisfazer a necessidade tecnológica, isso por questões como tamanho das áreas necessárias para instalação de usinas, valores e tempo de obra para operacionalização das diversas formas já conhecidas para geração de energia. Além disso, sabe-se que as fontes fósseis de energia são finitas e, deste modo, seu preço tende a aumentar ao longo dos anos, conforme sua escassez, tornando necessárias buscas por outras fontes de energia.

Nesse contexto, o hidrogênio se apresenta como o meio mais sustentável de energia, podendo ser utilizado na geração distribuída de energia (ENEGEP, 2011), e assim atender à crescente demanda por energia de modo mais

ágil e sustentável, além disso, de acordo com Marchetti (1990), projeta-se para 2080 uma “Economia do Hidrogênio”, onde 90% da energia será advinda desse elemento.

Contudo, o hidrogênio é um vetor energético, ou seja, não está presente na natureza, todavia, pode ser encontrado com extrema facilidade na superfície do planeta na forma de hidrocarbonetos, isso acaba por elevar o custo de obtenção já que deverá ser obtido de uma fonte primária.

Por outro lado, tecnologias de células a combustível, geração, armazenamento e transporte do hidrogênio já são realidade neste momento.

Assim, este trabalho pretende abordar os processos de geração, armazenamento e transporte do hidrogênio, bem como abordar de maneira mais minuciosa as células a combustível, elementos responsáveis por converter, através de reações eletroquímicas, o hidrogênio em energia elétrica, não emitindo resíduos poluentes ao meio ambiente.

2 | O HIDROGÊNIO

De acordo com Vargas et al. ([20--]), em seu estado natural e em condições normais, o hidrogênio é um gás incolor, inodoro e insípido. Estudos demonstram que este elemento possui uma grande capacidade de armazenar energia e, por este motivo, tem sido estudado como fonte renovável de energia elétrica e térmica.

É um elemento encontrado com facilidade no planeta Terra, está presente na água, no ar, nos seres vivos, no petróleo, sobretudo, é altamente inflamável (VARGAS et al., [20--]). Porém, devido a sua densidade muito leve, ele escapa com facilidade da gravidade da Terra e, sendo raro o encontrar, senão na forma de hidrocarbonetos e água.

Desde a descoberta do hidrogênio pontos marcantes ocorreram e muitas expectativas foram e vem sendo criadas, dentre os acontecimentos relevantes podemos citar, o lançamento do primeiro balão movido a hidrogênio, a descoberta da eletrólise da água, criação de células a combustível que funcionam com ar-hidrogênio, a primeira planta solar para produção de hidrogênio, células a combustível para utilização em automóveis e futuramente é esperado que a água substituísse os combustíveis fósseis como fonte primária de hidrogênio.

3 | GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO HIDROGÊNIO

Por ser tratar de um vetor energético, o hidrogênio deve passar por um processo de dissociação de uma fonte primária, tal processo dispense uma quantidade de energia. (SANTOS, SANTOS, 2016)

De acordo com Santos e Santos (2016), a energia gerada através do vetor energético hidrogênio será considerada renovável caso a geração seja proveniente de fontes renováveis. A Figura 1 esquematiza quais são as fontes primárias e os processos de obtenção do hidrogênio.

De todos os métodos utilizados para a obtenção de hidrogênio o mais utilizado em escala industrial é a reforma a vapor, e o método utilizado para a geração residencial é o da eletrólise. A seguir serão abordados esses dois métodos.

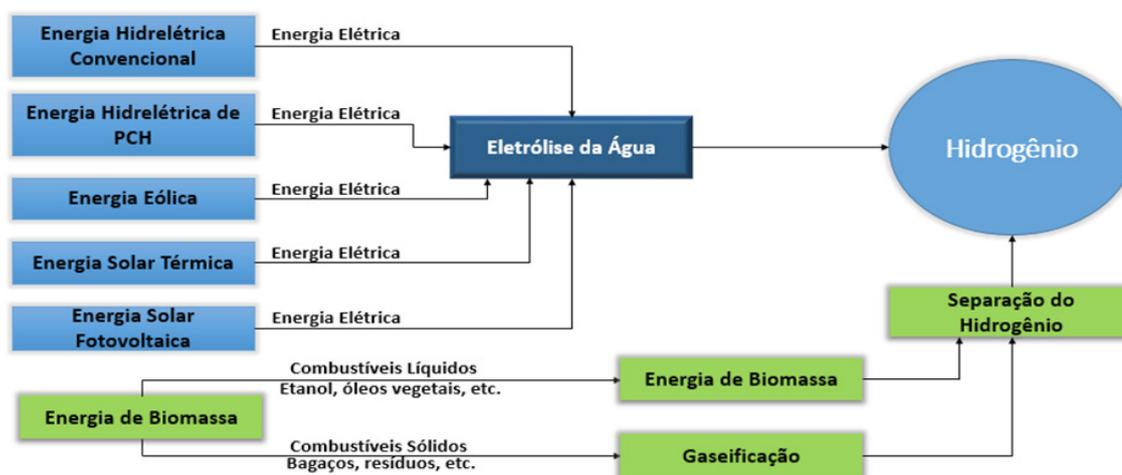


Figura 1 - Fontes primárias e processos de obtenção do hidrogênio

Fonte: Dados do autor

3.1 Produção de Hidrogênio via eletrólise da água

A eletrólise é utilizada quando se faz necessário um hidrogênio de maior pureza. É realizada através da separação dos átomos de hidrogênio e oxigênio, esse processo é realizado através da adição de um eletrólito à água, tornando-a condutora e assim conduz-se uma corrente contínua por ela.

De acordo com Longo (2008), a carga elétrica quebra a ligação química entre os átomos de Hidrogênio e Oxigênio.

Santos e Santos (2016), diz que segundo especialistas a obtenção do hidrogênio através da eletrólise não é economicamente viável, pois, o gás obtido é menor do que a energia gasta no processo para obtê-lo.

Segundo Baird, 2011, a melhor maneira de eletrolisar a água seria através da absorção direta da luz solar, porém a água pura não absorve luz, esse problema pode ser resolvido adicionando dióxido de titânio e carbono. Essa mistura resulta em uma eficiência que supera os 8% da energia do sol, pois o carbono passa a absorver radiação na região da luz visível. A vantagem dessa mistura é a produção de hidrogênio com alto grau de pureza, no entanto, o processo deixaria de ser sustentável e se faz necessária uma quantidade de energia muito grande.

De acordo com Botton (2007) o processo de eletrólise é simples, visto que não há muitas etapas, no entanto é um processo de alto custo. Atualmente novos materiais e condições de operações de eletrólise estão sendo pesquisados afim de tornar o processo economicamente viável.

3.2 Produção de Hidrogênio via reforma a vapor de gás natural

Aproximadamente 48% do hidrogênio produzido no mundo se faz por meio da reforma a vapor do gás natural, esse é o método mais comum utilizado na produção industrial. A reforma é definida como a conversão catalítica e endotérmica de um combustível líquido, sólido ou gasoso para um gás combustível (SORDI et al. 2016).

De acordo com SORDI et al. (2016), existem três métodos usados abundantemente na reforma a vapor são: (i) Reforma a vapor, (ii) Reforma a oxidação parcial e (iii) Reforma auto térmica.

O método utilizado depende de suas características e da célula de combustível que irá usufruir os produtos da reforma. Independentemente do método desejado, são necessárias instalações associadas ao reformador que permitam a remoção de diversos elementos químicos, tendo como intuito a utilização desse produto em células a combustível, a remoção das impurezas evitará a contaminação dos componentes das mesmas (SOUZA; SILVEIRA, 2004).

A eficiência desse método é relacionada diretamente com as propriedades físico-químicas do combustível, das pressões e temperaturas dos reagentes, das condições térmicas dos reformados e do fluxo de combustível e da água (SOUZA; SILVEIRA, 2004). Por esses motivos, de acordo com SANTOS, SANTOS (2016) o hidrogênio possível de se aproveitar do gás natural através desse processo está entre 70% e 90%.

Embora possua uma boa eficiência, esse método apresenta desvantagens como, alto custo de produção, aplicável apenas a combustíveis fósseis, logo é não renovável, além de poluir o meio ambiente através do dióxido de carbono.

4 | ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE

Como qualquer outro combustível, o aspecto primordial a se considerar para realização do armazenamento do hidrogênio é a segurança. Estudos demonstram que o hidrogênio possui valores iguais ou melhores em comparação a outros combustíveis vindos do petróleo, como gásóleo e gasolina e, claro, é altamente inflamável (BAIRD, 2011).

De acordo com Vargas et al. ([20--]), a baixa densidade do hidrogênio seja no estado líquido ou gasoso, nos resulta também uma baixa densidade de energia. Por isso, um determinado volume de hidrogênio contém menos energia que o mesmo volume de qualquer combustível em condições normais de temperatura e pressão.

Apesar de sua baixa densidade de energia volumétrica, o hidrogênio tem a maior relação energia-peso que qualquer outro combustível (VARGAS et al., [20--]).

Na prática o hidrogênio pode ser armazenado em alta pressão seja no estado líquido em recipientes criogênicos, ou estando quimicamente ligado a metais na forma de hidretos metálicos.

Algumas das principais formas de armazenamento de hidrogênio são (i)

Reservatório de Gás Hidrogênio Comprimido; (ii) Reservatório para Hidrogênio Líquido e (iii) Hidretos metálicos.

4.1 Reservatório de gás hidrogênio comprimido.

O hidrogênio comprimido nada mais é do que o hidrogênio em sua forma gasosa mantido em taques de alta pressão (GAVRILYUK, 2013).

Atualmente esta é a melhor maneira para o fornecimento de hidrogênio em pequena quantidade às indústrias e estabelecimentos que necessitam desse material, não sendo o espaço um fator limitante. É nesse estado que o hidrogênio é usado amplamente nas células de combustíveis de automóveis, ônibus, ou estabelecimentos comerciais, onde o consumo de hidrogênio é baixo e invariável (SANTOS, SANTOS, 2016)

De acordo com Gomes Neto (2016), os tanques de armazenamento possuem formato cilíndrico e suportam altas temperaturas, na faixa de 3600 a 5000 psi.

Gavrilyuk (2013) afirma que o hidrogênio nessas condições tem uma boa densidade energia-peso, mas pouca densidade de energia por volume, e por esse motivo os tanques para armazenamento são grandes, sendo essa a grande desvantagem neste método de armazenamento.

De acordo com Gomes Neto (2016), os cilindros podem ser classificados de quatro tipos diferentes, dependendo do tipo de material do qual são fabricados. Sendo estes:

- **Tipo 1:** Produzidos totalmente de aço ou alumínio;
- **Tipo 2:** Camada fina de alumínio ou aço envolto parcialmente por outro composto – geralmente fibras de carbono – em forma de circunferência;
- **Tipo 3:** Fina camada de aço ou alumínio envolto totalmente por outros compostos como fibra de carbono; e
- **Tipo 4:** Camada de plástico resistente envolto por outro composto também resistente.

4.2 Reservatório para hidrogênio líquido

Para atingir o estado líquido o hidrogênio deve estar abaixo do seu ponto de ebulição ($-253\text{ }^{\circ}\text{C}$) (GOMES NETO, 2016).

No estado líquido, o hidrogênio apresenta como vantagem uma maior facilidade no transporte, pois torna-se possível seu fornecimento em quantidades maiores, e uma capacidade de armazenamento superior por unidade de volume, no entanto, é um processo caro devido à grande quantidade de energia despendida para alcançar a temperatura de $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ até que ele se liquefaça. Ademais, pode haver perda de 40% da energia contida no hidrogênio, no entanto, é uma maneira atrativa para armazenamento, pois demanda pouco espaço e, desta maneira, é ideal para uso em aviões e veículos, devido ao uso de tanques menores, visto que, em comparação com

a gasolina, um tanque de hidrogênio contendo a mesma quantidade de energia, pode ser de 4 a 10 vezes menor (SANTOS, SANTOS, 2016).

Para Gavriilyuk (2013), nos vários modelos de carros movidos a hidrogênio, o estado líquido é a forma mais utilizada, isto por que sua maior vantagem é que o armazenamento desse elemento em seu estado líquido proporciona aproximadamente 2,6 vezes a energia por unidade de massa como a gasolina.

De acordo com Gomes Neto (2016), diferentemente do hidrogênio comprimido, os tanques de armazenamento para forma líquida operam na faixa de 72 psi, e por isso, não precisam ser altamente reforçados, mas são tanques isolados geralmente com vácuo entre duas camadas.

4.3 Hidretos metálicos

O armazenamento do hidrogênio em hidretos metálicos tem funcionamento similar ao de uma esponja absorvendo a água, isso ocorre devido ao fato do hidrogênio não reagir com o metal formando moléculas, e sim, permanecendo no interior da rede cristalina que se expande para incorporar os átomos de hidrogênio. (RIFKIN, 2003).

De acordo com Silva (1981), o armazenamento de hidrogênio em altas pressões e/ou baixas temperaturas não são satisfatórias, isso por necessitarem de instalações especiais e muita energia no processo.

Algumas ligas metálicas possuem a propriedade de formarem hidretos relativamente instáveis, nesse caso torna-se possível o armazenamento de hidrogênio a uma densidade superior ao hidrogênio líquido à temperatura ambiente e a baixas pressões. (SILVA, 1981).

Gomes Neto (2016) afirma que uma das vantagens do armazenamento através dos hidretos metálicos é de que o hidrogênio passa a fazer parte da estrutura química do metal, dessa forma não se faz necessária a aplicação de altas pressões ou de que a matéria esteja em seu estado criogênico.

Atualmente existem muitos tipos de hidretos metálicos e são divididos de acordo com sua capacidade de liberar hidrogênio em alta ou baixa temperatura. Os hidretos de alta temperatura são menos caros, podem absorver mais hidrogênio do que os hidretos de baixa temperatura, no entanto necessitam de uma quantidade significativa de calor para liberar o hidrogênio, já os hidretos de baixa temperatura podem conseguir calor suficiente através de um motor, no entanto, algumas vezes necessitam ser pressurizados, aumentando a complexidade do processo.

De acordo com Gomes Neto (2016), a maior desvantagem dos hidretos não se deve a temperatura e pressão necessárias para liberação do hidrogênio, mas sim a sua baixa densidade de energia.

Segundo Gomes Neto (2016), pode-se citar outras desvantagens relevantes, como: (i) os hidretos devem ser carregados com hidrogênio puro, caso contrário pode haver contaminação do material e perderem a capacidade de armazenamento e (ii) os

hidretos têm estrutura geralmente de forma granular ou em pó, o que possibilita uma grande área para armazenar o gás, isso permite que as partículas sejam suscetíveis ao atrito, o que pode diminuir sua eficiência.

Depois de armazenado em uma das maneiras apresentadas, o hidrogênio pode ser transportado, para tal, deve-se seguir as instruções contidas na NBR 7501 – Transporte terrestre para produtos perigosos, caso este venha a ser transportado por meio de caminhões à lugares remotos ou aplicações de pequena escala.

O hidrogênio em sua forma gasosa pode ser transportado aos locais de consumo através de gasodutos, os quais são semelhantes a uma rede para distribuição de gás natural, em síntese, é um sistema de tubulação, o qual permite a circulação do hidrogênio em sua forma gasosa originando em seu local de produção, com término diretamente no local de uso, geralmente indústrias.

5 | APLICAÇÕES DO HIDROGÊNIO

A grande quantidade de hidrogênio em nosso planeta, assim como suas excelentes propriedades, como a quantidade de energia armazenada, aguça o ser humano à utilização desse elemento nos mais diversos processos, por exemplo, nas áreas de saúde, energia, petrolífera entre tantas outras, como apresentado a seguir:

- Combustível térmico: Não é uma aplicação comum, no entanto, essa aplicação pode ser encontrada quando o hidrogênio constitui parte do gás produzido em gaseificadores e reformadores (CAPAZ; MARVULLE, 2006).
- Combustível para transporte: restrito ao meio espacial, esse modelo de aplicação do hidrogênio se aplica aos foguetes e naves espaciais, isso por ser um combustível leve e eficiente, por exemplo, 1 kg de hidrogênio contém três vezes a mais energia do que 1 kg de gasolina.
- Utilização na petroquímica: De acordo com a PETROBRAS, a principal função do hidrogênio no Brasil é o hidrotreatamento de diesel, querosene, óleos lubrificantes, parafinas e nafta (TOLMASQUIN, 2003).

Embora com todas as possíveis aplicações citadas acima, com certeza a que mais se sobressai é a célula a combustível, isso se deve ao fato da possibilidade de geração de energia elétrica através dessa tecnologia. Assim sendo, o próximo tópico tem como objetivo uma abordagem mais minuciosa desta que atualmente é a principal forma de utilização de hidrogênio.

5.1 Célula Combustível

Conhecidas pela ciência há mais de 150 anos, as células a combustível são dispositivos capazes de produzir eletricidade de uma forma mais ecológica, praticamente sem emissão de poluentes (BRASIL, 2016).

Os estudos sobre células a combustível (CaC) podem ser considerados antigos, isso por que houve uma paralisação no desenvolvimento dessa tecnologia face aos

avanços em tecnologias derivadas do petróleo. (BRASIL, 2016)

O crescimento exacerbado da população mundial traz à tona a preocupação com a geração de energia para futuras demandas, no Brasil, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) até o ano de 2050 a demanda por energia elétrica deverá triplicar, nesse contexto, temos a instalação de parques eólicos e tantas outras fontes de energia sustentáveis, entre elas o hidrogênio, que poderão suprir tal demanda de maneira a contribuir ao meio ambiente com zero de emissão de gases poluentes.

No Brasil, a utilização destas células como sistema estacionário para geração de energia poderá, devido ao grande potencial hidroenergético, ser viável em locais remotos de baixa densidade populacional (BRASIL, 2016).

5.1.1 Princípio de Funcionamento da Célula Combustível

O processo comum de geração de energia em uma termoelétrica é composto pelas etapas apresentadas Figura 3.

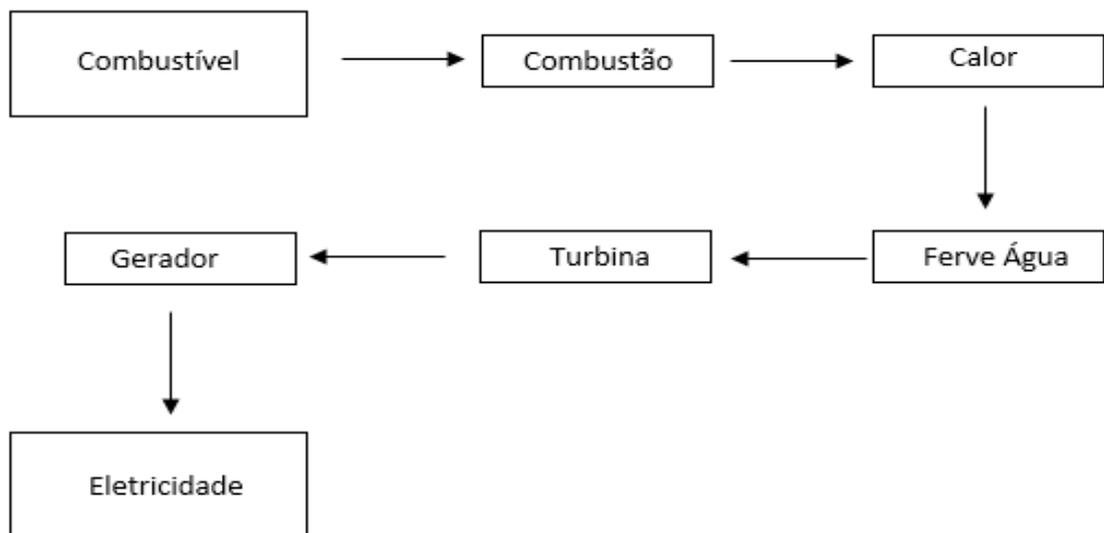


Figura 3 - Etapas para geração de energia em sistema termoelétrico.

Fonte: Dados do autor

Todas essas etapas deixam de existir quando a geração de energia é feita através da utilização das células a combustível, sendo a eletricidade gerada em apenas uma etapa, a qual ocorre através da combinação de reagentes químicos (geralmente hidrogênio e oxigênio), gerando corrente contínua por meio das reações eletroquímicas que ocorrem no interior da célula (BAIRD, 2011).

Ainda, de acordo com Baird (2011), as células a combustível têm eficiência de 80%, podendo ser ampliada caso o calor gerado pela célula no ciclo de geração de energia seja reutilizado no processo.

O funcionamento destas células, como pode ser observado na Figura 4, consiste na decomposição do gás hidrogênio em átomo de hidrogênio no ânodo da célula, enquanto o oxigênio reage com os átomos de hidrogênio.

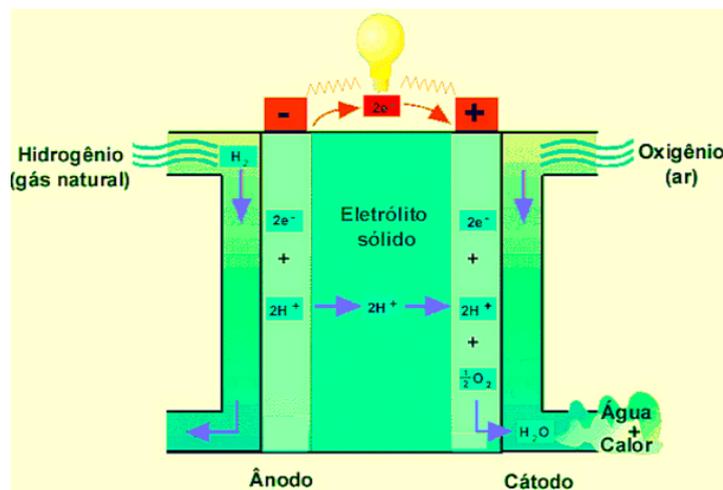


Figura 4 - Célula a combustível

Fonte: Brasil escola

Diferentemente das baterias convencionais, as células a combustível não armazenam energia, apenas transformam o hidrogênio e oxigênio através de uma reação eletroquímica em água, energia e calor. Deste modo não há qualquer emissão de poluente à atmosfera, como ocorre nos métodos de geração de energia que utilizam combustíveis fósseis, estes emitem óxido de enxofre, monóxido de carbono, hidrocarbonetos, materiais particulados, entre outros que contribuem com o aquecimento global (PINTO, 2014).

As partes básicas de uma célula a combustível são seus terminais ânodo, cátodo, eletrólito, catalisador e um módulo conhecido como “conjunto” (BAIRD, 2011).

- **Ânodo:** Polo negativo da CaC, local onde ocorre a oxidação do hidrogênio gasoso, os íons H^+ dessa reação são levados via eletrólito até o cátodo, os elétrons advindos dessa reação chegam ao catodo por um circuito paralelo, resultando em uma corrente elétrica.
- **Cátodo:** Polo positivo da CaC, recebe os íons H^+ oriundos do ânodo, esses íons então reagem com o oxigênio e com os elétrons que circulam pela corrente externa, o resultado dessa reação é a água.
- **Catalisador:** Material que facilita reações entre oxigênio e hidrogênio, usualmente feito de pó de platina de alta área superficial suportada em papel de carbono poroso ou tecido. Dessa maneira é possível maximizar a área superficial da platina seja exposta ao hidrogênio e ao oxigênio. A face do catalisador fica exposta à membrana condutora.
- **Eletrólito:** Membrana responsável por transportar os íons H^+ do ânodo para o cátodo. Essa membrana é um isolante elétrico.

Portanto, dessa forma torna-se possível a geração de energia sem a emissão de poluentes, vale ressaltar que, as células a combustível são destinadas apenas a geração de energia e não armazenamento, como no caso de pilhas e baterias. De acordo com Contadini (2002), são características desejáveis da placa: (i) Boa condutividade eletrônica e térmica; (ii) Impermeabilidade ao hidrogênio, oxigênio e água; (iii) Resistência mecânica, necessária para suportar a compactação; (iv)

Neutralidade química; (v) Baixo custo; (vi) Resistência à temperatura de operação da célula; e (vii) Pouca espessura, o que possibilita canais de fluxo gasosos de ambos os lados, sem que ocorram vazamentos externos. Na Figura 5 é apresentada a célula combustível e suas partes constituintes.

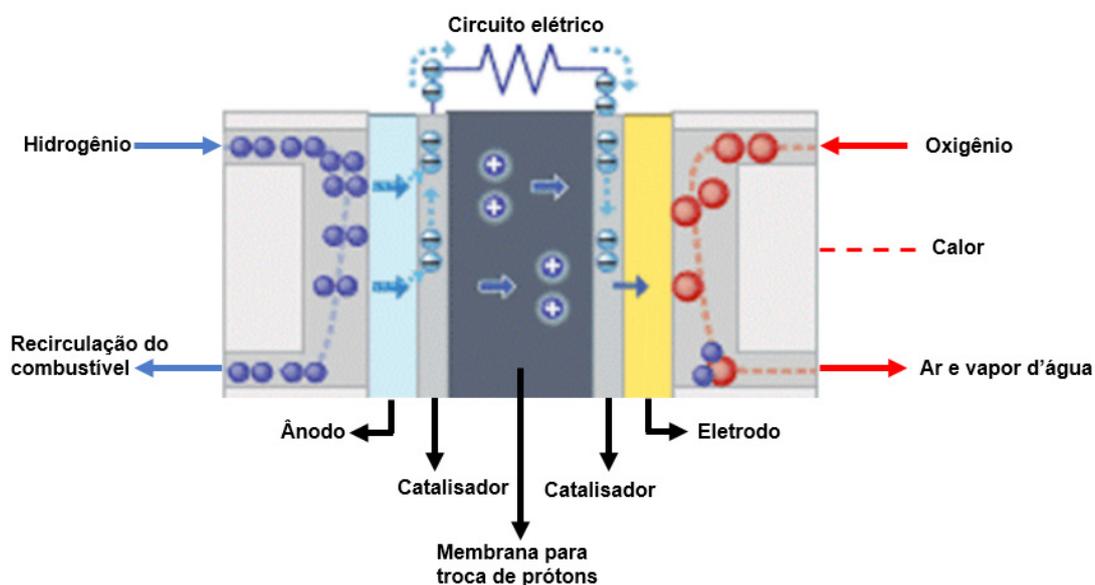


Figura 5 – Demonstrativos das partes constituintes da célula a combustível

Fonte: Lenz (2013)

5.2 Tipos de células a combustível

Existem vários tipos de células a combustível e muitos ainda em estágio de desenvolvimento, da mesma maneira, alguns modelos podem ser abandonados por fatores limitadores à sua utilização, como é o caso do modelo AFC, o qual teve suas pesquisas interrompidas devido a sua sensibilidade a impurezas no hidrogênio e também a problemas de durabilidade. Outros, no entanto, continuam sendo pesquisados em ritmo acelerado, é o caso dos modelos PEM, SOFC, PAFC e MCFC, os quais vem sendo comercializados (PINTO, 2014).

A classificação das células a combustível dá-se através do tipo de eletrólito e a temperatura na qual operam.

5.2.1 Célula de Combustível Alcalina (AFC)

Modelo pioneiro, foi utilizado em missões aeroespaciais tripuladas, teve suas pesquisas interrompidas devido à alta sensibilidade as impurezas do hidrogênio, o que prejudicava seu funcionamento. A eficiência desse modelo pode alcançar 60%, além da sua capacidade de funcionar em diversas temperaturas (LOPES, 2009). Na Figura 5 é apresentada a célula combustível e suas partes constituintes.

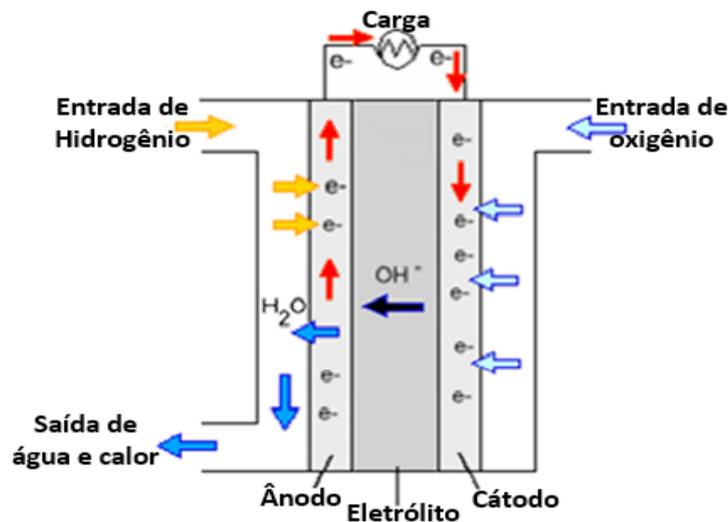


Figura 6 – Demonstrativo da Célula a Combustível Alcalina (AFC)

Fonte: Vaghari et al. (2013)

5.2.2 Célula a combustível do tipo ácido fosfórico (PAFC)

De acordo com Lopes (2009) esse é o modelo que possui seu processo de pesquisa mais avançado. Através da utilização de hidrogênio advindo da reforma de um combustível e ar como reagente pode operar em temperaturas da ordem de 200°C, com pressões de 8 atm, isso é possível graças a estabilidade relativa do ácido fosfórico, a qual é elevada em comparação com outros ácidos comuns.

Muito empregadas em plantas energéticas de 50 a 200 kW, no entanto, algumas plantas com capacidades maiores, na faixa de 1 a 5 MW já foram construídas com esse tipo de células a combustível.

Empresas como UTC Fuel Cell, com sede nos EUA além de Toshiba Corporation, Mitsubishi Electric Corporation e Fuji Electric Corporation no Japão são atualmente as principais fabricantes deste tipo de CaC.

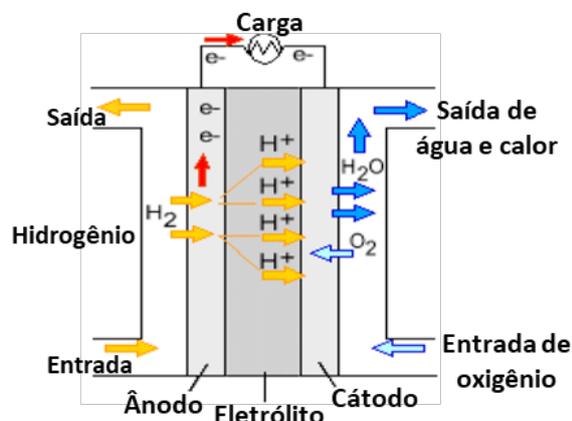


Figura 7 – Demonstrativo da Célula a Combustível do tipo ácido fosfórico (PAFC)

Fonte: Ghose, M. (2012)

5.2.3 Célula a combustível do tipo carbonato fundido (MCFC)

Conhecidas como a segunda geração de células a combustível, esse modelo funciona na faixa de temperatura de 600 a 700 °C, a reforma do combustível ocorre na própria célula, deste modo dispensa um reformador externo (LOPES, 2009).

O fato de operar em temperaturas maiores faz com que as usinas geradoras de energia obtenham do calor excedente aproximadamente 60% de eficiência nos casos onde o combustível usado é o gás natural (LOPES, 2009).

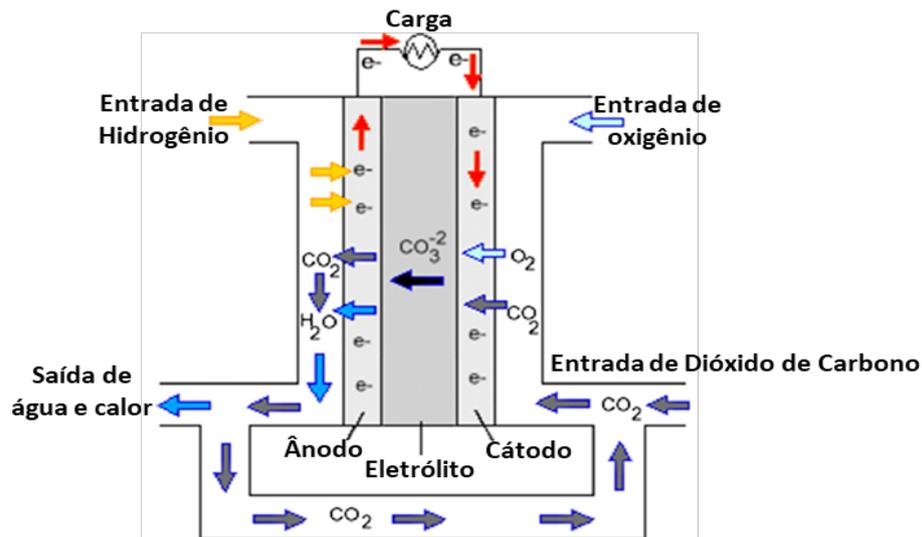


Figura 8 – Demonstrativo da Célula a Combustível do tipo carbonato fundido (MCFC)

Fonte: Vaghari et al. (2013)

5.2.4 Célula a combustível do tipo óxido sólido (SOFC)

Possuindo alta eficiência, esse modelo compõe a segunda geração de CaC, possuindo a maior tendência de utilização à geração de eletricidade a partir das células a combustível (LOPES, 2009).

Tal célula dispensa a utilização de reformadores externos, assim como o MCFC e, portanto, os combustíveis utilizados são gás natural, álcool e gasolina, isso porque aceita tanto hidrogênio como monóxido de carbono, sendo essa considerada sua grande vantagem (LOPES, 2009).

Em contrapartida, a alta faixa de temperatura na qual trabalha, entre 800 e 1000°C, sendo o mínimo necessário 650°C, exige um tempo elevado para que ocorra a queima de combustível de modo a atingir tal temperatura, não sendo um problema para usinas de geração de energia, porém tornando-se inviável para utilização no meio automobilístico (LOPES, 2009).

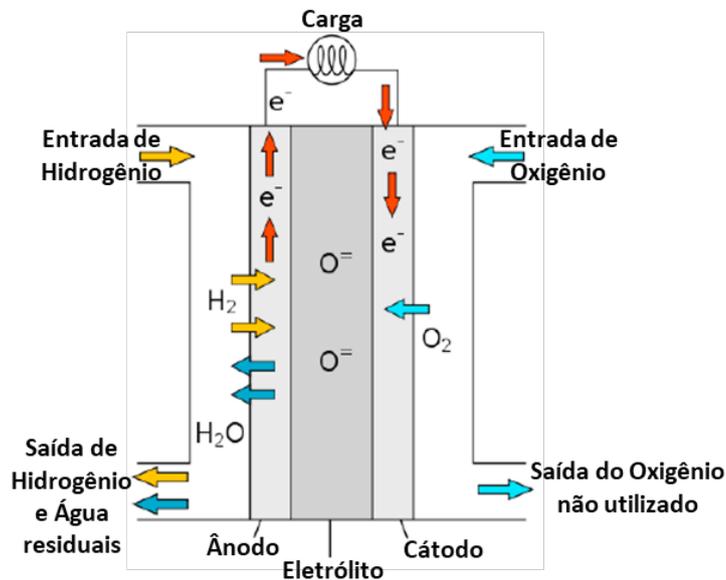


Figura 9 – Demonstrativo da Célula a Combustível do tipo óxido sólido (SOFC)

Fonte: Vaghari et al. (2013)

5.2.5 Célula a combustível do tipo membrana de troca de prótons (PEMFC)

Com representação esquemática igual ao da AFC, essa célula é capaz de operar em temperaturas menores que 100°C , isso porque existem limitações acerca do polímero utilizado na membrana e pela sua necessidade de hidratação (CAPPADONIA et al., 2000).

Essa célula pode funcionar também com combustíveis alternativos, células de combustíveis indiretas, esses deverão ser convertidos em hidrogênio antes de sua utilização pela célula, por exemplo, metano, propano, etanol, entre outros (CAPPADONIA et al., 2000).

Muitas empresas estão investindo nesse modelo de CaC, como exemplo, atualmente temos veículos de empresas americanas, Ford e GM, e japonesas Toyota e Honda, fazendo uso dessas células como alternativa aos motores tradicionais de combustão interna. Isso somente é possível por características únicas desse modelo, como partida rápida, capacidade de operação em baixas temperaturas, não utilizar membrana líquida. Comercialmente, setores além do automobilístico investem veementemente para desenvolvimento de produtos sob a utilização dessas células, é o caso do setor de eletrônicos portáteis (LOPES, 2009).

5.2.6 Célula a combustível do tipo metanol direto (DMFC)

No princípio este modelo possuía baixa eficiência, em torno de 25%, resultando na interrupção de seu desenvolvimento nos anos 90, no entanto, nos últimos 15 anos, devido a evolução da tecnologia tornou-se possível a elevação dessa eficiência a 40%, com capacidade de geração de potência 20 vezes maior em face a conseguida

no passado. Indicada para os casos onde a energia é mais importante que a potência, desta forma, eletrônicos como celulares e laptops são o foco desta tecnologia (LOPES, 2009).

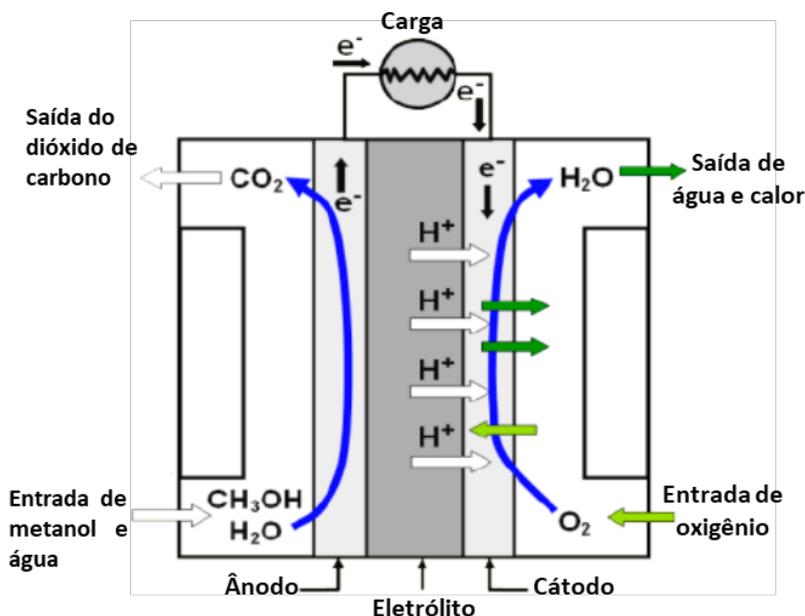


Figura 10 – Demonstrativo da Célula a Combustível do tipo metanol direto (DMFC)

Fonte: Nguyen, et al. 2012

Como mencionado em Lopes (2009), esta célula realiza utilização direta do metanol como vetor de hidrogênio, desta forma não há necessidade do emprego de um reformador externo, sendo esta uma de suas vantagens. Ademais, funciona em temperaturas consideradas baixas, entre 50 e 100 °C, tornando este tipo de CaC ideal para aplicações de pequeno e médio porte.

A Tabela 1 tem como objetivo uma melhor visualização dos diversos tipos de células a combustíveis, seguido por suas vantagens e desvantagens.

Tipo	Eletrólito	Faixa de Operação (°C)	Vantagens	Desvantagens	Aplicações
Alcalina (AFC)	KOH (OH ⁻)	60 – 90	<ul style="list-style-type: none"> •Rendimento de 83% •Alta eficiência 	<ul style="list-style-type: none"> •Sensível a CO₂, •Gases ultrapuros e sem reforma do combustível. 	<ul style="list-style-type: none"> •Espaçonaves •Aplicações militares.
Membrana (PEMFC)	Membrana (H ⁺)	80 - 90	<ul style="list-style-type: none"> •Rendimento de 60% •Alta Eficiência •Operação flexível. 	<ul style="list-style-type: none"> •Custo da membrana. •Fácil contaminação do catalisador (CO). 	<ul style="list-style-type: none"> •Veículos •Estacionária •Espaçonaves
Ácido fosfórico (PAFC)	O ⁺	160 - 200	<ul style="list-style-type: none"> •Em maior estágio de desenvolvimento 	<ul style="list-style-type: none"> •Controle da porosidade, sensível, corrosível. 	<ul style="list-style-type: none"> •Estacionária •Cogeração

Carbonato fundido (MCFC)	Carbonatos Fundidos	650 – 700	•Tolerância a CO	•Problema de materiais, necessidade de reciclagem de CO ₂ , difícil controle.	•Estacionárias •Cogeração
Cerâmicas (SOFC)	Oxido Sólido	800 - 900	•Alta eficiência na reforma do combustível	•Problemas de materiais, expansão térmica.	•Estacionário •Cogeração

Tabela I - Tipos de células a combustível

Fonte: Pinto, 2014

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O hidrogênio como vetor energético deixou de ser “assunto do futuro” há algum tempo e, como demonstrado nesse artigo, tecnologias para sua produção, armazenamento e transporte tornam-se cada vez mais presentes em pesquisas e já faz parte de nossa realidade.

Atualmente o maior desafio para inserir o hidrogênio como vetor energético e soma-lo na geração distribuída é o alto custo das tecnologias de produção das células a combustível, esse mesmo empecilho se coloca frente a infraestrutura necessária à sua utilização.

Ainda que os custos sejam elevados, o desenvolvimento dessas tecnologias tem sido incentivado pelos governantes de praticamente todas as nações desenvolvidas. Além disso empresas privadas também demonstram interesse na utilização desse como combustível desde automóveis até ônibus espaciais. De acordo com, ENGEPE (2011) a célula a combustível de hidrogênio pode também oferecer vida útil muito mais operacional do que as baterias elétricas e, a mesma energia alta específica de motores de combustão.

Mesmo diante de tantos obstáculos, a introdução da “Economia do Hidrogênio” faz parte da evolução natural, a qual se iniciou pela madeira, seguida por carvão, e atual “Economia do Petróleo”, evoluindo sempre para fontes primárias de energia com menor quantidade de carbono e respeitando os limites da natureza.

Por fim, com a abundância de hidrogênio na natureza, teremos, com a inserção da economia do hidrogênio, pela primeira vez uma democratização das fontes de energia, que seguramente gerará mais progresso e menos tensões políticas RIFIKIN (2003).

REFERÊNCIAS

ENGEPE – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXXI., 2011, Belo Horizonte. **O uso do hidrogênio como fonte energética.** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2011. 13 p. Disponível em: < <https://bit.ly/2KpaQiv> >. Acesso em: 25 mar. 2017

BAIRD, C.; CANN, M.; **Química Ambiental**, Porto Alegre, 2011.

BOTTON, J. P. **Líquidos iônicos como Eletrólitos para Reações Eletroquímicas.** 2007, 174 pag.

TESE (Ciências dos Materiais).

BRASIL. Everton Bonturim. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. **Sustentabilidade: A tecnologia do Hidrogênio na geração de energia elétrica**. 2011.

CAPPADONIA, M., STIMMINS, U., KORDESCH, K. and OLIVEIRA, J.C., 2002, **Fuel Cells, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**, John Wiley & Sons, Inc.

CAPAZ, Rafael Silva; MARVULLE, Valdecir. **Arte da tecnologia do hidrogênio - Review**. 2006. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022006000100017&script=sci_arttext>. Acesso em: 25 mar. 2018.

CONTADINI, F. **P&D e o Estado-da-Arte de Células a Combustível na América do Norte I** Workshop Internacional de Células a Combustível, 2002

GAVRILYUK, Alexander. **Hydrogen Energy for Beginners**. Boca Raton, FL: Pan Stanford, 2013. 328 p. (9789814364775).

GOMES NETO, Emilio Hoffmann. **Armazenamento de Hidrogênio: Conteúdo de Célula a Combustível**. 2016. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/celula_combustivel/armazenamento_de_hidrogenio.html>. Acesso em: 25 mar. 2018.

LENZ, André Luis. **Como uma Célula de Combustível e o Hidrogênio Funcionam?** 2013.

LOPES, D. G.; **Análise técnica e econômica da inserção da tecnologia de produção de hidrogênio a partir da reforma de etanol para geração de energia elétrica com células a combustível**, Campinas, 2009.

LONGO, V. A. M. et al. **Produção Biológica de Hidrogênio. Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos**. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, setembro de 2008.

PINTO, Carolina Ferreira. **Estudo sobre o uso de células a combustível movida a hidrogênio solar nas residências**. 2014. 280 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

RIFKIN, Jeremy. **A Economia do Hidrogênio**. São Paulo: M. Books, 2003. 300 p

RZAYEVA, M. P.; SALAMOV, O. M. e KERIMOV, M. K. **Modeling to get hydrogen and oxygen by solar water electrolysis**, vol. 26, pp. 195–201, 2001.

SANTOS, Fernando Miguel Soares Mamede dos; SANTOS, Fernando Antônio Castilho Mamede dos. **O COMBUSTÍVEL “HIDROGÊNIO”**. 2016. Disponível em: <www.ipv.pt/millennium/millennium31/15.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2018.

SILVA, Ennio Peres da. **Armazenamento de hidrogênio em hidretos metálicos: os hidretos de ligas de magnésio-níquel**. 1981. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1981. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/278402>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

SORDI, Alexandre, SILVA, Ennio Peres da, LOBKOV, Dmitri D. et al. **Gaseificação de biomassa e célula a combustível: sistema com célula tipo PEMFC**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. Disponível em: <<https://bit.ly/2O1dRnK>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

SOUZA, Antônio C. C. de; SILVEIRA, José L. **Ensinando os princípios básicos para produção de hidrogênio**. 2004. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/15/artigos/01_363.pdf>

>. Acesso em: 25 mar. 2018.

VARGAS, Reinaldo Azevedo et al. **Hidrogênio: O vetor energético do futuro?** [20--]. IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Disponível em: < <https://bit.ly/2oOS33J> >. Acesso em: 25 mar. 2018.

Ghouse, M. (2012). **Fuel Cells and Their Applications** 10.13140/RG.2.1.2579.0482.

Vaghari, Hamideh & Jafarizadeh, Hoda & Berenjian, Aydin & Anarjan, Navideh. (2013). **Recent Advances in Application of Chitosan in Fuel Cells. Sustainable Chemical Processes.**

Nguyen Viet Long, Cao Minh Thi, Masayuki Nogami and Michitaka Ohtaki (26, Setembro 2012). **Novel Pt and Pd Based Core-Shell Catalysts with Critical New Issues of Heat Treatment, Stability and Durability for Proton Exchange Membrane Fuel Cells and Direct Methanol Fuel Cells**, Disponível em <https://bit.ly/2MWAKMB>. Acesso em: 07 set. 2018.

RECICLAGEM DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO: UM ESTUDO DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS PARA RECUPERAÇÃO DE METAIS

Maria do Socorro Bezerra da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
– Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Química. Natal – Rio Grande do Norte

Raffael Andrade Costa de Melo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
– Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Química. Natal – Rio Grande do Norte

André Luis Lopes Moriyama

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
– Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Química. Natal – Rio Grande do Norte

Carlson Pereira Souza

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
– Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Química. Natal – Rio Grande do Norte

RESUMO: O lixo eletrônico está se tornando um dos problemas ambientais e sociais mais graves da atualidade e nosso principal intuito é chamar atenção, bem como tomar consciência deste problema. Neste estudo, é exposta uma metodologia para a remoção de metais a partir de Placas de Circuito Impresso (PCI). A tecnologia abordada, leva à minimização de impactos ambientais por recuperar os elementos metálicos de PCI's, o que reduz a exploração de depósitos minerais. A extração dos metais é realizada por processo hidrometalúrgico, seguido por eletrodeposição em uma célula eletroquímica simples, composta

de dois eletrodos (anodo e catodo), ambos de fios de cobre. Neste processo, os metais cobre, estanho e prata, são depositados na forma metálica na superfície do catodo, a partir da aplicação de uma corrente constante entre os eletrodos do reator eletroquímico. Quando esta corrente é aplicada, os íons destes metais, que se encontram dissolvidos na solução lixiviada de metais, são reduzidos na área ativa do catodo. A medida que alguns parâmetros variam, como tempo, densidade de corrente, presença ou não de agitação, há um acúmulo do metal a ser recuperado, ou uma diminuição, demonstrando as condições mais favoráveis para a recuperação destes metais. A remoção do cobre é eficiente em todos os parâmetros estudados, da prata acontece em corrente de 1 A, com agitação e tempo entre 30 minutos e 60 minutos, com o licor original, e do estanho é alcançada em soluções diluídas, sem agitação, corrente de 1,5 A e 60 minutos.

PALAVRAS-CHAVE:

Reciclagem, Hidrometalurgia, Placas de Circuito Impresso, cobre, prata, estanho, eletrodeposição

ABSTRACT: Electronic waste is becoming one of the most serious environmental and social problems of our time and our main intention is to draw attention and to be aware of this problem. In this study, a methodology for the removal of metals from printed circuit boards

(PCI) is exposed. The technology discussed takes to the minimization of environmental impacts by recovering metallic elements of PCI's, which reduces the exploitation of mineral deposits. The extraction of the metals is performed by hydrometallurgical process, followed by electrodeposition in a simple electrochemical cell, composed of two electrodes (anode and cathode), both of copper wires. In this process, the copper, tin and silver metals are deposited in the metallic form on the surface of the cathode, from the application of a constant current between the electrodes of the electrochemical reactor. When this current is applied, the ions of these metals, which are dissolved in the metal leached solution, are reduced in the active area of the cathode. As some parameters vary, such as time, current density, presence or not of agitation, there is an accumulation of the metal to be recovered, or a decrease, demonstrating the most favorable conditions for the recovery of these metals. The removal of copper is efficient in all the studied parameters, silver happens in a current of 1 A, with agitation and time between 30 minutes and 60 minutes, with the original liquor, and the tin is reached in dilute solutions, without agitation, current 1.5 A and 60 minutes.

KEYWORDS: Recycling, Hydrometallurgy, Printed Circuit Boards, copper, silver, tin, electroplating

1 | INTRODUÇÃO

A industrialização e a urbanização rápida, representam no cenário atual uma série de problemas ambientais. Entre eles se destaca, a contaminação por metais pesados, se tornando muito grave devido ao crescimento dramático principalmente na indústria eletrônica nos últimos anos. Com esta demanda, inicia-se numerosos estudos sobre remoção de metal, que levam ao desenvolvimento de várias técnicas, como precipitação, adsorção/biossorção, permuta iônica, dentre outras (CHEN E YU 2000; CHEN et al. 2002). Essas tecnologias são provadas para serem eficazes para remoção de metal, no entanto, elas não conseguem recuperar os metais pesados valiosos que são posteriormente reutilizados, além de custos adicionais com reagentes.

De acordo com Zhang e Forssberg (1998), a sucata eletrônica (Equipamentos Eletroeletrônicos) é comprovadamente digna de reciclagem com base na composição dos materiais. Normalmente, a sucata eletrônica contém metais preciosos como Au, Ag, Pd, metais comuns como Sn, Cu, Al, Fe e não-metais, como plásticos, vidro e cerâmica. Além disso, os componentes reutilizáveis, como chips de computador, são de grande valor. O tratamento atual da sucata eletrônica é direcionado principalmente para a recuperação de energia e metais (Cu, e metais preciosos como Au e Ag). Por métodos hidrometalúrgicos, somente a extração parcial dos metais preciosos pode geralmente ser feita por causa da significativa heterogeneidade e complexidade dos materiais presentes na sucata eletrônica. Neste ponto, o uso da abordagem eletroquímica para recuperar íons metálicos destes resíduos em seu estado metálico é considerado uma técnica eficaz e eficiente, e método relativamente simples e limpo.

Neste estudo, abordaremos a remoção do cobre, prata e estanho, bem como outros metais, com foco na reciclagem de Placas de Circuito Impresso de computadores obsoletos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. São inúmeros os trabalhos realizados para remoção de cobre deste tipo de material, uma quantidade considerável de remoção da prata e número muito pequeno que trata sobre a remoção do estanho. Alguns autores que realizaram o tratamento deste material para extração e remoção destes metais em solução, por métodos semelhantes aos utilizados neste estudo, se destacam por conseguirem resultados significativos.

Segundo Sum (1991), se os metais forem concentrados através de hidrometalurgia (ex. dissolução seletiva, troca iônica ou extração por solvente) eles podem ser eletrodepositados diretamente das soluções aquosas sobre o cátodo. Por exemplo, em uma solução de sulfato contendo, cobre e níquel, pode-se eletrodepositar o metal cobre, deixando o níquel em solução (SUM, 1991).

Gouveia, (2014) - apresentou um novo processo para a produção de cobre a partir do pó concentrado de placa de circuito impresso (PCI). A agitação e o aumento de temperatura favoreceram a recuperação do cobre, tendo a agitação demonstrado ser o parâmetro mais importante para aumentar a eficiência da recuperação de cobre a partir de PCIs. A 25 °C, obteve-se uma recuperação aparente de cobre de 96% após 15h de eletrólise a uma velocidade de agitação de 415 rpm, enquanto a 40 °C e sem agitação a recuperação foi de apenas 90%. Park e Fray (2009), recuperaram os metais preciosos de Placas de Circuito Impresso utilizando como meio lixiviante a água régia. Não houve a lixiviação da prata neste meio reacional. A quantidade precipitada foi de 93 % em peso do paládio. Uma extração líquido-líquido com tolueno foi utilizada para extrair o ouro seletivamente. E adicionou-se dodecanotiol e solução de borohidrido de sódio para formar nanopartículas de ouro. O ouro extraído foi cerca de 97 % em peso. No presente estudo, a porcentagem de prata lixiviada usando este mesmo meio reacional foi acima de 70%, não sendo necessário outros reagentes para a eficácia na recuperação da prata e de outros metais de interesse econômico e ambiental. Lee (2003), recuperou cobre, estanho e chumbo das soluções nítricas usadas na gravação da Placa de Circuito Impresso e a regeneração desta solução. Extração com solventes, decapagem, eletrodeposição, precipitação e cimentação foram realizadas. O metal puro de cobre foi obtido por eletrólise e os íons de estanho foram precipitados ajustando o pH da solução com o Pb (OH). Metal de chumbo com pureza de 99% foi obtido por cimentação com pó de ferro.

Veit et al., (2006) utilizaram a eletrodeposição para recuperar o cobre presente nas PCI's. Processamento mecânico (cominuição, separações granulométrica, magnética e eletrostática) foram utilizados para concentrar a maior parte do metal em única fração, que após lixiviado, foi eletrodepositado, obtendo um percentual de recuperação de 98% na maioria dos casos.

A recuperação do cobre, um processo indubitavelmente mais explorado e estudado do que a recuperação de outros metais, a bibliografia atualmente existente

já tem praticamente cobertas todas as alternativas existentes, e as aplicações industriais atualmente existentes estão já bastante otimizadas, não dando margem para o aparecimento de novos processos, apenas o melhoramento de alguns. Para Gouveia (2014), é interessante abordar a recuperação de outros metais, como o estudo de metais do grupo da platina, prata e estanho, uma vez que possuem também elevado valor de mercado e podem ser encontrados, em diferentes quantidades, que não são desprezáveis, nas Placas de Circuito Impresso. A abordagem deste estudo é justamente a remoção de metais destes licores, contemplando principalmente a remoção de estanho e prata, dentre outros metais, por processos de eletrodeposição utilizando eletrodos de cobre e fazendo uso de uma rota hidrometalúrgica, como etapa inicial do processo de remoção, que permite solubilizar os metais com um meio lixiviante (água régia) de forma a otimizar a sua recuperação em formas valorizáveis, econômicas e ambientais.

2 | PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO (PCI'S)

As placas de circuito impresso utilizadas neste estudo, foram fornecidas pelo Departamento de Material e Patrimônio (DMP/UFRN), responsável pelos computadores obsoletos de toda Universidade Federal do Rio Grande do Norte. São computadores que não são mais utilizados e que são descartados e recolhidos pelo DMP. As placas referentes a esses computadores são de vários fabricantes, não tendo distinção de marca e ano. Os resíduos das placas de circuito impresso foram primeiro submetidos às operações de separação, desmontagem, fragmentação, classificação e amostragem, realizadas por (MEDEIROS 2015; MELO 2017).

O pó obtido das placas, composto por vários metais de diferentes concentrações, foram dissolvidos em água régia. Ao término da lixiviação, o sistema foi filtrado, e o licor lixiviado contendo todos os metais dissolvidos foram aplicados no processo de eletrodeposição. As condições operacionais analisadas no processo de remoção de metais por eletrodeposição foram as seguintes: densidade de corrente, variação de tempo e com e sem agitação mecânica. As análises da remoção de metais foram realizadas com o licor original, em seguida o licor foi diluído em água destilada em proporção de 1:3 e utilizado novamente no processo eletroquímico. A tabela 1 apresenta as condições operacionais aplicadas ao processo eletroquímico, tanto para a solução real, quanto para a solução diluída.

Corrente (A)	Agitação (550 RPM)	Tempo (min.)
0,5	Com	15 a 120
	Sem	
1,0	Com	15 a 120
	Sem	

Tabela 1. Condições operacionais aplicadas ao processo eletroquímico

As análises químicas realizadas para comprovar a eficácia do processo foram realizadas por Espectroscopia de Fluorescência de Raio-X.

Por ser um resíduo de difícil reciclagem, devido a sua complexidade e heterogeneidade de metais, o meio lixiviante (água régia) aqui utilizado, foi altamente eficiente, mostrando resultados de rendimento para o cobre de 100 % a 80°C, sendo, portanto, este um lixiviante muito eficaz para este metal. Para a maioria dos metais, este lixiviante se mostrou ser de grande eficiência, como para o ferro, o estanho e o chumbo com rendimentos acima de 70 %. Titânio, cálcio, cromo, zinco e o níquel obtiveram rendimentos semelhantes ao do cobre, acima de 95%. Quanto à prata, também se obteve um bom rendimento, acima dos 70% para uma lixiviação a 80°C.

Obtendo-se estes resultados, na etapa de eletrodeposição, foi possível remover estes íons na sua forma metálica. A figura 1 mostra a célula eletroquímica usada no processo eletroquímico.

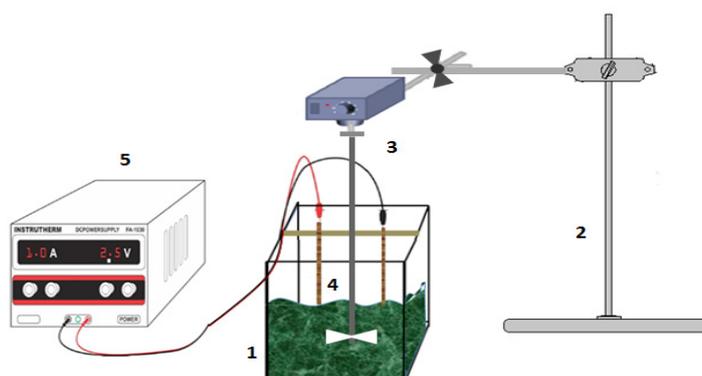


Figura 1 - Célula eletroquímica. 1) reator eletroquímico, 2) suporte, 3) agitador mecânico, 4) eletrodos de cobre, 5) fonte de alimentação.

3 | PROCESSO ELETROQUÍMICO

Foram realizados ensaios com variações de corrente 0,5 A - 1 A - 1,5 A e variações de tempo 15, 30, 60, 90 e 120 minutos não sequenciais, ou seja, após realizar cada ensaio, as alíquotas colhidas durante o processo, o pó depositado nos catodos e o cátodo foram enviadas para análise química por análise de Fluorescência de Raio-X (FRX) e outro processo era iniciado com uma nova solução. Em todas as análises por FRX, uma varredura de todos os elementos da tabela periódica foi realizada. O depósito de metais no catodo, nas soluções diluídas, foram analisados por Microscopia Eletrônica de Varredura com Emissão de Campo MEV – FEG.

4 | CONDIÇÕES OPERACIONAIS: DENSIDADE DE CORRENTE E DO TEMPO DE DEPOSIÇÃO

Em todos os processos eletroquímicos, a densidade de corrente é o parâmetro mais importante para controlar a taxa de reação dentro do reator eletroquímico. A densidade de corrente, neste caso, determina a taxa de produção dos íons Cu^{2+} liberados pelo ânodo. As densidades de corrente 0,11 – 0,22 e 0,33 A/cm², apresenta respectivamente os valores de corrente de 0,5 – 1 e 1,5 A.

Em 60 minutos do processo de deposição, verificou-se que o aumento da densidade de corrente leva a uma menor eficiência de corrente, afetando assim a quantidade do depósito de prata no cátodo. Para Horkan (1981), um aumento na densidade de corrente leva ao aumento do excesso de energia catódica, aumentando a ativação das reações na superfície do eletrodo, o que, por sua vez, provoca um aumento do teor de algumas espécies e uma diminuição do no teor de outros, o que de fato é verificado no presente estudo.

O processo de eletrodeposição com agitação mecânica contínua, apresentam melhores taxas de deposição, em todas as densidades de corrente, um resultado satisfatório foi apresentado quando o processo operou em densidade de 0,22 A/cm² e 60 minutos, atingindo uma concentração de 7, 15% de deposição de prata, para as outras densidades de corrente 0, 11 e 0,33A/cm², obteve-se 1,5% e 2,5% respectivamente. Para a reação eletroquímica sem agitação contínua, verifica-se que, na deposição do metal quando a corrente aplicada foi de 1,5 A, a massa da mesma foi inferior a 1%. Para as correntes de 0,5 e 1,0 A, ambas sem agitação, obteve-se uma deposição da prata de 2,3% e 3,6% respectivamente.

Definida a corrente que apresentou resultados mais significativos, foi necessário a otimização do tempo de deposição da prata no processo. O tempo deposição variou em tempos de 15, 30, 60, 90 e 120 minutos e a densidade de corrente foi mantida constante de 0,22 A/cm². A figura 2 apresenta taxas de deposição para os dois processos, com e sem agitação mecânica com tempos variados.

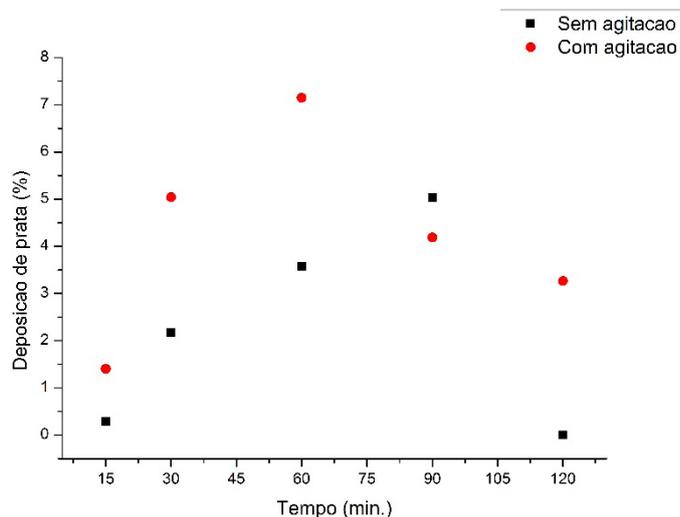


Figura 2 - Eletrodeposição da Prata para diferentes tempos, com agitação e sem agitação mecânica.

O processo sem agitação apresenta taxas de deposições variáveis nos tempos de 15, 30, 60, 90 e 120 minutos, sendo 0,28%, 2,2%, 3,6%, 5,0% e 0%, respectivamente. O valor de 0% no tempo de 120 minutos ocorreu pelo o fato do ânodo, após 100 minutos do processo, ser completamente oxidado, neste momento não houve mais um equilíbrio na transferência de cargas na solução, uma vez que o ânodo não estava mais em contato com a solução impossibilitando a passagem da corrente e todo o depósito do catodo caiu em solução e voltou a dissolver-se.

No processo com agitação, a deposição da prata se mostra de forma significativa, apresentando taxas de remoção acima de 1% em todos os tempos analisados, sendo 1,4% - 5,0% - 7,2% - 4,2% e 3,3% respectivamente para os tempos estudados em ordem crescente, como mostrado para o processo sem agitação. Os tempos de 15 e 120 minutos apresentam comportamentos distintos em relação à deposição de prata, sendo que no processo sem agitação houve comportamentos inesperados em 120 minutos, prejudicando a deposição da prata. Em ambos os processos a taxa de deposição da prata em 15 minutos foi baixa, se mostrando insignificante no processo sem agitação mecânica, para a eletrodeposição no tempo de 120 minutos e com agitação consegue-se taxas de remoção acima de 3%. A agitação da solução tem um efeito significativo para ambos os casos estudados (análise da densidade de corrente e variações de tempo), favorecendo à deposição de prata, assim como de cobre e outros metais, no catodo. O tempo entre 30 e 60 minutos para este processo, seria suficiente para consideráveis remoções de prata desta solução. Para as reações com agitação, nos tempos acima citados, apresentam uma remoção da prata em solução de aproximadamente 60% para ambos.

Mesmo já identificada a valiosa remoção da prata, existem outros metais que por ventura também tem afinidade pelo eletrodo utilizado e se depositaram junto com ela, dentre eles o cobre, outros metais, como o zinco, alumínio e cálcio apresentaram

pequenos depósitos em tempos específicos, no entanto foram bem abaixo de 1 e não estão mostrados na tabela. A tabela 2 mostra a concentração de cada elemento em todos os tempos de processo, sendo 15, 30, 60, 90 e 120 minutos operando com corrente constante.

Metais	Tempo (minutos)					
	0	15	30	60	90	120
	%	c.a./s.a.	c.a./s.a.	c.a./s.a.	c.a./s.a.	c.a./s.a.
Cu	40.71	98.28/99.12	92.64/97.10	92.65/94.74	94.31/94.81	95.82/99.26
Al	0.601	0.00/0.231	0.36/0.39	0.00/0.36	0.44/0.14	0.53/0.39
Ag	1,539	1.46/0.284	5.04/2.17	7.35/3.58	4.19/5.04	3.55/0.00

Tabela 2 - Concentração de metais presentes no catodo.

Na tabela 2, o tempo 0 corresponde a solução inicial (lícor lixiviado), e as abreviações c.a. e s.a. correspondem aos parâmetros estudados, com agitação e sem agitação, respectivamente. A deposição dos metais foi realizada em corrente constante, enquanto que a voltagem diminuía ao longo do processo, o que pode ser explicado à variação de metais que aderiram a superfície do cátodo.

5 | ELETRODEPOSIÇÃO COM O LIXIVIADO DILUÍDO

Esta etapa foi realizada seguindo os mesmos parâmetros anteriormente citados para a solução sem diluição. As soluções lixiviada de metais foram diluídas com água destilada em proporções de 1:3 e 1:7, com o objetivo de verificar a remoção de metais no lixiviado adicionando água destilada em sua composição.

6 | SOLUÇÃO DILUIÇÃO DE 1:3

O mesmo arranjo na célula, apresentado na figura1, com dois eletrodos de cobre, se manteve, e as densidades de corrente foram as mesmas já descritas. Nestes ensaios não foram analisados tempos maiores que 60 minutos, visto que este tempo já é removido quantidades consideráveis de metais, como verificado para a prata, cobre e alumínio, porém foram realizadas reações com agitação e sem agitação. A figura 3 apresenta a evolução do processo na célula eletroquímica em aproximadamente 30 minutos de reação para uma diluição de 1:3, sem agitação mecânica e 1,5 A de corrente aplicada.

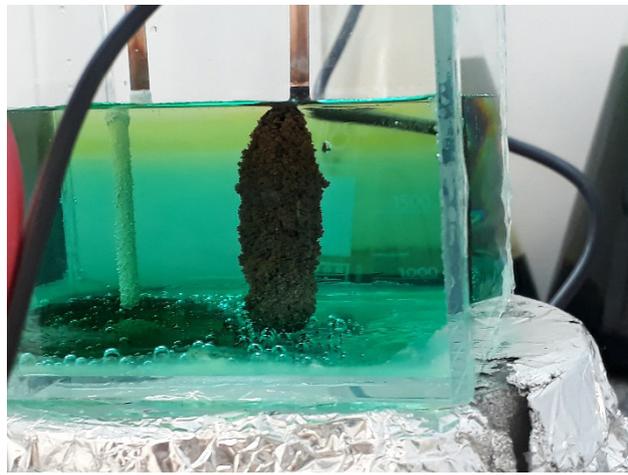


Figura 3 - Célula eletroquímica com uma reação em andamento

Verifica-se uma diferença da coloração, que vai evoluindo ao decorrer da reação e se divide em três fases. A coloração de cima é amarelada, a do meio continua verde clara, e a de baixo um azul escuro. No anodo, mesmo com a perda de massa, é depositada uma fina camada branca, a qual está associada ao cloreto de sódio identificado pela análise química. No catodo, uma camada de metais é depositada. Essa camada branca se formando no anodo, é observada logo nos primeiros minutos de reação, e parte dela caia na solução à medida que a reação se processava, e outra permanece aderida ao anodo, mesmo após o desligamento da fonte. No fim do processo, não foi possível analisa-lo separadamente, pois se dissolve facilmente na solução. No entanto, a camada de pó branco que ainda fica depositada no anodo foi analisada, comprovando ser um composto de cloreto de sódio.

Em todas as reações, ao finalizar os processos, com e sem agitação, os eletrodos são retirados, e levados para secar na estufa á 60°C por meia hora. Após, os eletrodos são retirados da estufa e pesados para verificar o ganho de massa dos metais. O depósito é removido facilmente balançando a parte com o depósito dentro de um endorf, e encaminhados para a análise química por FRX e MEV-FEG – EDS. Ao iniciar outro processo, novos eletrodos são utilizados. Os depósitos dos catodos analisados por FRX estão apresentados na tabela 3, para o processo com e sem agitação.

Elementos	0,5 A	1,0 A	1,5 A
	% c.a. / s.a.	% c.a. / s.a.	% c.a. / s.a.
Cu	94,458 / 53,355	94,099 / 78,543	88,397 / 67,152
Cl	3,435 / 21,18	4,250 / 6,743	9,079 / 3,881
Na	0,000 / 9,765	0,000 / 0,000	1,593 / 0,000
Ca	0,000 / 1,042	0,000 / 0,000	0,331 / 0,000
Pb	0,194 / 0,572	0,194 / 1,600	0,103 / 1,731
Ag	3,191 / 0,391	1,398 / 0,990	1,571 / 0,764
Al	0,301 / 0,768	0,190 / 0,309	0,450 / 0,183

Fe	0,000 / 0,274	0,000 / 0,000	0,000 / 0,000
Sn	0,000 / 12,552	0,000 / 11,993	0,000 / 26,288

Tabela 3 - Composição dos depósitos do catodo para o processo com agitação (c.a.) e sem agitação (s.a.)

A composição dos depósitos no catodo para o processo com agitação, apresenta uma elevada concentração de cobre, seguida do cloro e da prata. Apesar do estanho está em grande quantidade na solução, não foi verificada nenhuma taxa de deposição do mesmo neste processo com agitação, estando todo ele ainda presente na solução. Na composição dos depósitos do processo sem agitação é obtida altas taxas de remoção para o estanho, seguido do cobre, cloro, prata, alumínio e chumbo. Sódio, cálcio, ferro e níquel só são depositados para a corrente de 0,5 A. além disso, outras frações de metais, como pode ser verificado na tabela 3, também estão aderidas a superfície do eletrodo. O processo sem agitação favorece a deposição do estanho. As alíquotas colhidas ao final do processo e analisadas por FRX, apresenta uma diminuição na concentração de todos os elementos que estavam presentes na solução no início do processo, como é verificado na tabela 4. A tabela 4 mostra a concentração de metais ao final de cada processo, em todas as correntes estudada e sem agitação mecânica.

Metais	Solução inicial	0,5 A	1,0 A	1,5 A
Cu	40,711	61,939	59,0955	61,2985
Cl	24,904	21,834	28,37	24,2705
Na	3,638	1,91	5,3395	8,5405
Sn	17,265	6,717	2,766	2,789
Ca	7,326	4,126	2,4135	1,501
Ag	1,539	0,409	0,4305	0,441
Pb	1,966	0,997	0,416	0,416
Fe	1,195	0,867	0,51	0,375
Ni	0,209	0,176	0,082	0,06
Si	0,314	0,341	0,117	0,075
Cr	0,179	0,117	0,057	0,0415
Al	0,601	0,496	0,37	0,1695
Ti	0,154	0,071	0,033	0,0225

Tabela 4 - Concentração de metais ao final de cada processo sem agitação.

Pela análise química, pode-se afirmar que há prováveis formação de cloreto de sódio, assim como cloreto de prata, pois durante o processo, pós branco que estavam sendo depositados no anodo caíam na solução, e eram bem solúveis, características dos compostos contendo cloretos. Ao final do processo, ainda encontra-se uma considerável porcentagem de estanho em todas as correntes aplicadas, principalmente para a corrente de 0,5 A. Isso significa, que a corrente foi baixa, minimizando a geração de íons para a solução, assim como o transporte de íons para o catodo.

A morfologia dos depósitos mostra características semelhantes de acordo

com os parâmetros estudados, com agitação e sem agitação. As estruturas dos metais depositados no catodo, para o processo com agitação, formam aglomerados semelhantes a flores. Essa estrutura é mais visível para as correntes de 1,0 e 1,5 A. o metal de maior concentração nestes depósitos é o cobre, e em toda a área analisada por MEV, as características permanecem, confirmando que a morfologia formada deve-se ao cobre. Para o processo sem agitação, a morfologia é visivelmente interessante, formada por estruturas semelhantes a folhas de uma samambaia, em alguns pontos perfeitamente estruturadas. A morfologia do cobre metálico exibe uma estrutura mais angular mostrada na figura 4.

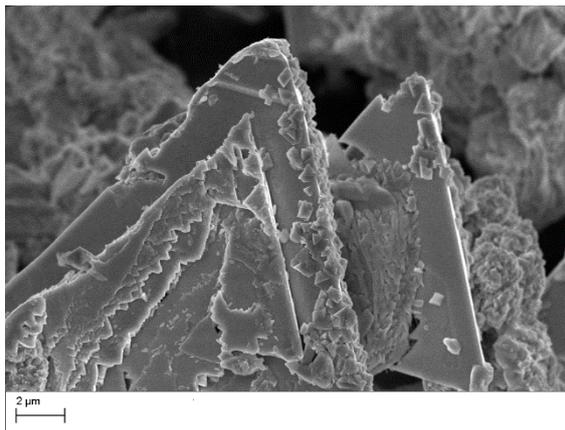


Figura 4 - Estrutura angular do cobre sólido, sem agitação e corrente de 1,5 A.

Dos metais base presente no depósito do catodo, o cobre é o mais depositado, por causa do seu alto potencial em relação ao hidrogênio. Além do cobre, o sódio, níquel, estanho, zinco e metais preciosos também podem ser recuperados desta maneira.

Nas morfologias dos processos, sem agitação mecânica, não foi identificado a estrutura do estanho, podendo este está formando uma liga Cu-Sn, como formatos esféricos, ou uma liga Pb-Sn. Outras estruturas foram identificadas, como do chumbo, apresentando estruturas em forma de bastão e óxido de cobre, apresentando estrutura em forma de cubo, e estão apresentadas na figura 5 e 6.

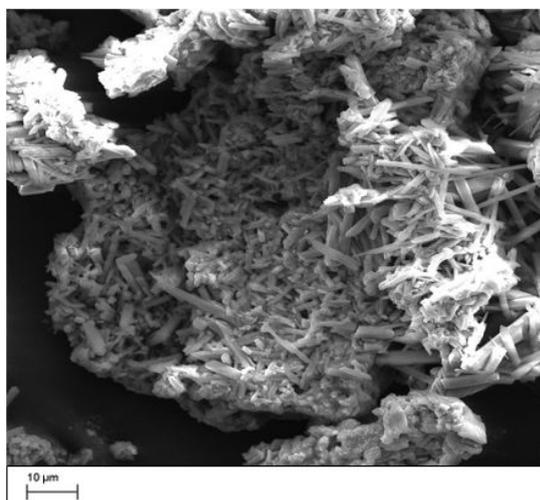


Figura 5 – Morfologia do chumbo metálico.

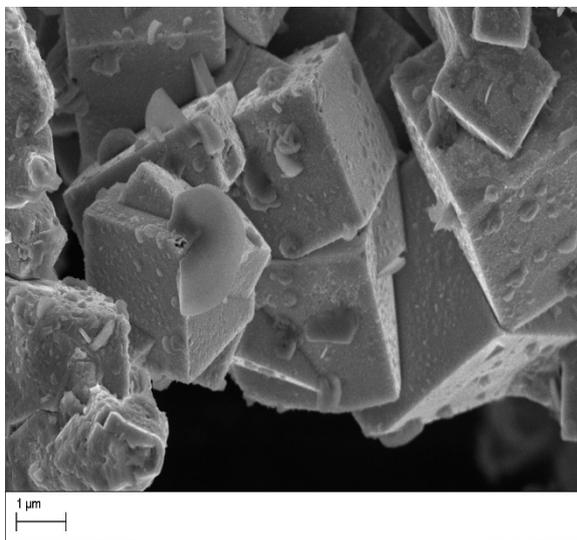


Figura 6 – Morfologia do óxido de cobre.

As estruturas, características do cobre, são formadas de acordo com cada parâmetro estudado. Um exemplo é o cobre metálico, que apresenta uma estrutura angular quando o processo é mantido sem agitação, verificado nas morfologias dos depósitos das soluções diluídas de 1:3. Nas morfologias dos depósitos no processo com agitação, o cobre se mostra em uma estrutura quadrada, um cubo, característico de óxido de cobre.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo desenvolvido neste estudo mostrou-se uma alternativa viável e permitiu recuperar cobre, estanho e prata das PCI's, através de uma tecnologia relativamente simples, sem problemas ambientais e também sem muitos gastos energéticos relacionados a outros processos.

Os parâmetros com agitação e sem agitação, indicaram que no processo com agitação, a eficiência na recuperação da prata foi eficiente, tendo uma melhor deposição na densidade de corrente de $0,22 \text{ A/cm}^2$ com valores superiores a 50% de remoção e demonstrando ser um parâmetro muito importante na recuperação de prata de Placas de Circuito Impresso.

Nas soluções diluídas, os processos sem agitação favoreceram a remoção de estanho com taxas de remoção acima de 70 % e em alguns casos chegando a aproximadamente 100%.

A recuperação de estanho e de cobre nos precipitados a partir de licores lixiviados de Placas de Circuito Impresso (PCI), atingiram valores significativos na maior parte dos parâmetros estudados neste sistema.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de

Nível Superior (CAPES) e pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Laboratório de Materiais Nanoestruturados e Reatores Catalíticos (LMNRC), muito grata.

REFERÊNCIAS

Chen, J.P., Hong, L., Wu, S.N., Wang, L. Elucidation of interactions between metal ions and Ca-alginate based ion exchange resin by spectroscopic analysis and modeling simulation. **Langmuir** 18, 9413–9421, 2002.

GOUVEIA, A. R. **Recuperação de metais de Placas de Circuito Impresso por via hidrometalúrgica**.2014. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.

JP Chen, H. Yu. Elimination of synthetic wastewater by crystallization in a fluidized bed reactor. **Journal. Environ. Sci. Saúde, Parte A - Tóxico / Perigo. Substâncias e Ambiente**. Eng. A, 35, pp. 817- 835, 2000.

LEE, M. S., AHN, J. G., AHN, J. W. Recovery of copper, tin and lead from the spent nitric etching solutions of printed circuit board and regeneration of the etching solution. **Hydrometallurgy**. V. 70, p. 23-29, 2003.

MEDEIROS, N.M. **Caracterização e Separação Física de Placas de Circuito Impresso de Computadores Obsoletos**.2015. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MELO, R. A. C. **Estudo da lixiviação de placas de circuito impresso de computadores desktops obsoletos da UFRN**. 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

PARK Y.J., FRAY D.J. Recovery of High purity Precious Metals from Printed Circuit Boards. **Journal of Hazardous Materials**. V. 164, p. 1152-1158, 2009.

SUM, E. Y. L. The recovery of metals from electronic scrap. **JOM**, V. 43, p. 53-61, 1991.

VEIT, H. M., BERNARDES, A. M., FERREIRA, J. Z., TENÓRIO, J. A. S., Malfatti, C. F. Recovery of copper from printed circuit boards scraps by mechanical processing and electrometallurgy, **Journal of Hazardous Materials**, V. 137, p. 1704-1709, 2006.

ZHANG, S., FORSSBERG, E. Mechanical recycling of electronics scrap - The current status and prospects. **Waste Management and Research**, V.16, p.119–128, 1998.

ANÁLISE DO PERFIL, MOTIVAÇÃO, SATISFAÇÃO E EXPECTATIVAS DOS ACADÊMICOS DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

Vinícius Henrique Vivas

Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Instituto de Ciências e Tecnologia e Exatas, Departamento de Engenharia Química, Uberaba, MG.

Priscila Pereira Silva

Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Instituto de Ciências e Tecnologia e Exatas, Departamento de Engenharia Química, Uberaba, MG.

Luciene Alves

Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Instituto de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição, Uberaba, MG.

Geoffroy Roger Pointer Malpass

Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Instituto de Ciências e Tecnologia e Exatas, Departamento de Engenharia Química, Uberaba, MG.

RESUMO: Neste trabalho, realizou-se uma análise dos principais resultados obtidos em uma pesquisa sobre o perfil, motivação, satisfação e expectativas dos estudantes do curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM). O método investigativo baseou-se na aplicação de um questionário aos estudantes do curso e, a partir dos resultados, foi possível identificar que o curso é formado por um público jovem, com idade média de 21,2 anos, com predominância

do sexo feminino, solteiros, oriundos em sua maioria do estado de São Paulo, com renda familiar entre 6 a 10 salários mínimos, residentes em repúblicas e tendo a maioria¹ cursado o ensino médio em escolas públicas. Os discentes consideram os seus desempenhos no curso como satisfatório, apresentam hábitos de estudos diários e preferem estudar sozinhos. Os resultados sugerem, portanto, que os discentes apresentam altos níveis de motivação e bons níveis de satisfação com o curso e que os alunos ingressantes são mais motivados que os concluintes.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino, Engenharia Química, Motivação.

ABSTRACT: In this work, an analysis of the main results obtained in a research about the profile, motivation, satisfaction and expectations of the students of the Chemical Engineering course of the Federal University of Triângulo Mineiro (UFTM). The investigative method was based on the application of a questionnaire to the students of the course and, from the results, it was possible to identify that the course is formed by a young public, with age average of 21.2 years, predominantly female, singles, mostly from the state of São Paulo, with family income between 6 and 10 minimum wages, resident in republics and most of them having studied high school in public schools. Students consider their

course performance satisfactory, have daily study habits, and prefer to study alone. The results suggest, therefore, that the students present high levels of motivation and good levels of satisfaction with the course and that the incoming students are more motivated than the advanced students.

KEYWORDS: Teaching, Chemical Engineering, Profile, Motivation, Satisfaction.

1 | INTRODUÇÃO

O primeiro grande modelo de ensino de engenharia surgiu na França no final do século 18 e, era organizado de forma a se ter inicialmente uma formação de três anos voltada para as disciplinas básicas de engenharia. Após este período de formação os alunos eram encaminhados para outras escolas de engenharia (TELLES 1994). Segundo Bringuenti (1993) e Oliveira (2005) nas primeiras escolas de engenharia no Brasil já era apresentado o modelo atual de estrutura curricular, dividido inicialmente em um período básico e posteriormente focado em disciplinas aplicadas diretamente na engenharia. Além disso, as mudanças que ocorrem nas grades curriculares são geralmente de adequação, adicionando-se ou eliminando-se conteúdos, não chegando a alterar a concepção original (OLIVEIRA, 2005).

Diversos educadores de Engenharia vêm ampliando as discussões sobre as novas tendências dos cursos nesta área a fim de que atendam as novas demandas da sociedade. Segundo Litto (1996, p.130):

“é absolutamente inaceitável que as instituições de ensino continuem o sistema industrial de formação, tratando os alunos de maneira indiscriminada como em uma linha de produção [...] O modelo de educação em massa da Engenharia é retrógrado, pois cada aluno tem um estilo de aprendizagem diferente [...] cada aluno tem sua própria maneira de receber e processar as informações, resolver problemas e expor ideias, ou seja, cada um tem seu próprio estilo de aprendizagem e própria personalidade”.

Nas últimas décadas, a análise da motivação e satisfação no contexto acadêmico ganhou destaque, sendo considerada de grande importância para o desempenho dos estudantes e a qualidade da aprendizagem (GUIMARÃES, 2004). Nas décadas de 80 e 90, para uma melhor compreensão dos mecanismos de aprendizagem, como êxitos e fracassos, os aspectos afetivos e motivacionais começaram a ser associados com os fatores cognitivos (GONZÁLEZ-PIENDA, 2003). Neste contexto, Fontaine (1990) reafirmou a importância de compreender os fatores motivacionais como fundamentação para os resultados referentes ao rendimento acadêmico, já que somente 25% destes resultados não são explicados pelos fatores cognitivos. Para Chen e Lo (2012), a satisfação acadêmica, refere-se à avaliação subjetiva de toda experiência associada à educação, sendo definida como um estado psicológico resultante da confirmação, ou não, das expectativas do estudante com a realidade acadêmica. Por incluir diferentes áreas da experiência acadêmica do estudante, a satisfação é considerada multidimensional dinâmica por ser afetada pelas características do estudante e,

também, por mudar em função da experiência educacional vivida ao longo do curso (PENNINGTON *et al.* 1989). A fundamentação teórica deste estudo se baseia em autores que discutem a temática do ensino superior, como meio de transformação, pois conforme descreve Imbernón (2010), a Universidade deve compor um espaço de reflexão prático-teórico sobre a própria prática mediante a análise, a compreensão, a interpretação e a intervenção sobre a realidade, permitindo a troca de experiências e comunicação entre os pares. Do mesmo modo, Massetto (2009), relata que trabalhar com o conhecimento em nossa sociedade no ensino superior exige pesquisar as novas informações, desenvolver criticidade, comparar e analisar os dados procurando elaborar seu pensamento próprio, sua colaboração científica e sua posição de intelectual, além de exigir o domínio sob as tecnologias de informação e comunicação como novos caminhos e recursos de pesquisa.

Assim, investigar diferentes aspectos que envolvem a formação profissional é de grande importância, pois, permite envolver-se com a estruturação política da Instituição de Ensino Superior e conseqüentemente, buscar a melhoria do quadro didático-pedagógico existente e conseqüentemente, a melhoria da qualidade do ensino oferecido. Desta forma, este trabalho teve o objetivo de realizar o levantamento de dados que possibilitem a caracterização do perfil e expectativas dos acadêmicos de Engenharia Química da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, a fim de avaliar o nível de satisfação e motivação dos acadêmicos ao longo da sua formação, e identificar novas demandas. Além disso, propor novas estratégias direcionadas à melhoria de questões pedagógicas e sociais do curso.

1.1 O ambiente de estudo

A Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) originou-se com a fundação da antiga Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro, FMTM, em 1953 com a abertura do curso de graduação em Medicina. Atuando, basicamente, como faculdade especializada na área da saúde até sua transformação em Universidade Federal do Triângulo Mineiro em 2005. Somente, em 2010, por meio do programa de Reestruturação das Universidades Federais (REUNI), deu-se a abertura dos sete cursos de graduação em engenharia (GAZOTTO, 2014).

Segundo o Projeto Pedagógico do curso de Engenharia Química, os projetos pedagógicos das Engenharias foram elaborados, a princípio, com um ciclo básico de dois anos, comum a todos os cursos; e disciplinas específicas para cada curso começando somente no terceiro ano. O intuito do mesmo era buscar o nivelamento na formação inicial dos alunos ingressantes nos cursos de engenharia. Além disso, possibilitar aos alunos a oportunidade de convívio e aprendizado com os de outras Engenharias, auxiliando assim, uma formação mais generalista e flexível (PPC-EQ, 2012).

O Departamento de Engenharia Química conta atualmente com um quadro

docente composto por 14 professores, que ofertam 64 disciplinas divididas em um ciclo comum, contendo as bases gerais, e ciclo profissionalizante, com as disciplinas específicas, além do estágio obrigatório, trabalho de conclusão de curso e atividades complementares. A carga horária total é de 4500 horas/aulas, referente a 300 créditos distribuídos em cinco anos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no período de fevereiro a maio de 2016, tendo como delineamento metodológico uma natureza institucional, descritiva, transversal e quanti-qualitativa. Tratou-se de um estudo que teve o propósito de compreender, além do perfil geral, a opinião dos discentes sobre: necessidades de aprendizagem, cultura organizacional, modos de atuação, práticas profissionais dos docentes, nível de motivação, nível de satisfação e, disponibilidade de tempo para a realização das atividades acadêmicas. Além disso, buscava caracterizar a população, com aspectos relacionados à idade, gênero, escolaridade dos pais, renda e origem.

O questionário continha 60 questões no total, sendo 57 fechadas e 3 abertas. A fim de uma melhor eficiência deste instrumento, o questionário foi revisado por profissionais da área da Psicologia, Assistência Social e especialista em educação. Para a seleção dos participantes, realizou-se em um primeiro momento, a divulgação e o esclarecimento de modo presencial, em todas as turmas do curso, sobre a importância, objetivos e a metodologia de pesquisa adotada. Aos alunos que aceitaram participar da pesquisa, foi enviado via correio eletrônico, um link de acesso ao questionário *online* alocado no aplicativo *Survey Monkey*. Para o preenchimento do questionário *on line* os participantes dispuseram de um tempo médio de 15 minutos para responder. É importante salientar que os participantes tiveram acesso ao questionário apenas uma vez e este não ficou disponível para outro indivíduo. Após o preenchimento as respostas foram automaticamente para um banco de dados geral, sem a possibilidade da identificação do entrevistado. Apenas os pesquisadores tiveram acesso ao banco de dados (VIVAS *et al.* (2016)). Para a efetuação das análises dos resultados utilizou-se o *Survey Monkey* e *Softwer BioEstat 5.3* (Liberação Prof. Dra. Sabrina Barroso – Departamento de Psicologia-UFTM).

Para a realização da pesquisa, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa da UFTM, e aprovado sob o protocolo nº 1.501.939. O mesmo seguiu todos os preceitos éticos exigidos por lei

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil dos discentes

No período de realização da pesquisa, o curso de Engenharia Química (EQ)

possuía 298 alunos matriculados ativos, sendo que 220 destes assinaram o Termo de consentimento livre e esclarecido. Porém, apenas 179 discentes responderam ao questionário *online*, representando 60,06% da população. A figura 1 mostra a distribuição dos participantes em relação ao ano de ingresso (EQ – UFTM).

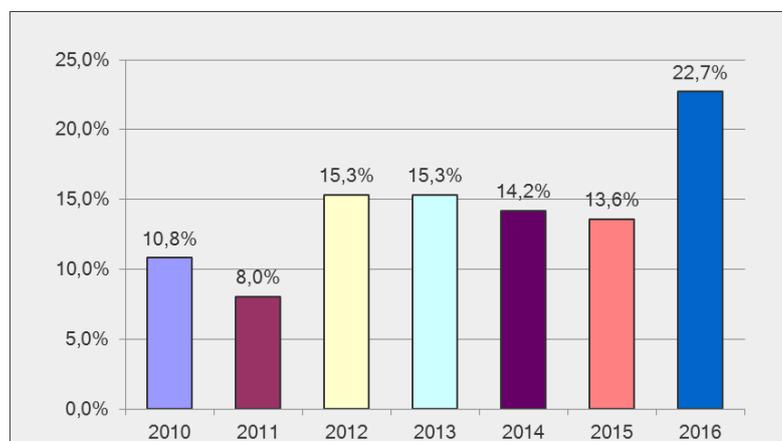


Figura 1. Distribuição de alunos participantes da pesquisa por ano de ingresso.

Nota-se que a maior porcentagem de alunos que responderam à pesquisa são alunos ingressantes. Um fator decisivo para baixa adesão dos ingressantes de 2010 e 2011, se deve a dificuldade de encontrar os mesmos, uma vez que a maioria deles não se encontra regularmente no local do ensino.

A idade média dos alunos foi de 21,19 anos. Sobre o estado civil, o maior contingente se declarou solteiro (98,3%). Já quanto a etnia, observou-se que a maioria se considera branco (76,4%), seguido de 21,3% pardo, 1,1% preto, 1,1% amarelo e ninguém se considera indígena. A maioria dos estudantes participantes é do gênero feminino (63,6%), o que também foi identificado por Lombardi (2005), ao citar que a engenharia é um dos setores profissionais que vem apresentando importante aumento da atividade feminina, não mais restringindo-se ao público masculino. Porém, mesmo com o aumento significativo das mulheres nas instituições de ensino superior, não houveram alterações substanciais na composição de gênero no campo da engenharia. Tozzi e Tozzi (2010) apontaram um aumento da presença feminina na engenharia de 4%, nos anos 70, para 14%, em 2009.

Em relação à questão da origem dos estudantes, a maior concentração de alunos é proveniente dos estados de São Paulo com 48,9%, seguido de Minas Gerais com 46,9% e, 2,8% de outros estados (1,7% Goiás, Paraná 1,1%, Rondônia 1,1%, 0,6% Espírito Santo). Observa-se que a proximidade entre a cidade de Uberaba-MG, na qual se localiza a UFTM, e o estado de São Paulo, poderia justificar o interesse dos alunos paulistas em estudar nesta universidade.

Analisando a renda familiar mensal dos estudantes, tendo como base o salário mínimo de referência do ano de 2016, pode-se observar que a maioria dos participantes tem renda familiar mensal entre 6 a 10 salários mínimos (27%). Sobre a situação de trabalho, 94,3% dos alunos declarou não estar trabalhando. Assim, pode-se notar que

a grande maioria dos alunos dedica-se integralmente aos estudos, o que indica um bom nível econômico familiar. Em uma análise global dos parâmetros socioeconômicos dos graduandos da EQ-UFTM, é possível observar um bom padrão de vida dos mesmos. Dificuldade financeira, de modo geral, é um dos fatores que contribuem para a evasão nas graduações, porém este fato não é característico no curso estudado.

A pesquisa também buscou conhecer os hábitos acadêmicos, relacionados ao cotidiano dos discentes. Sobre os hábitos de estudo, 52,6% afirmaram estudar diariamente fora dos horários de aulas, 32,7% semanalmente, 8,8% somente nos dias próximos às avaliações, 5,3% quinzenalmente, 0,6% mensalmente. Ainda sobre hábitos de estudos, 69,6% afirmaram preferir estudar sozinho, 25,7% em grupo e 4,7% com auxílio do monitor. Uma hipótese para a alta porcentagem de alunos que preferem estudar sozinho se refere, possivelmente a necessidade de uma maior concentração exigida pelas matérias do curso. Um outro ponto relevante, seria a escassez de espaços destinados ao estudo em grupo e, também devido ao grande número de aulas curriculares.

Sobre as monitorias, 56,1% afirmaram frequentar às vezes, 34,1% afirmaram não frequentar e 9,8% afirmaram frequentar sempre. Nota-se que uma grande parcela de discentes, em torno de 34%, não participa das atividades promovidas pelos monitores. Para Natário (2001) a atividade de monitoria melhora o desempenho e também pode propiciar maior envolvimento do aluno com seu aprendizado. Para Kopke e Kopke (2004), a vivência diária do monitor com os alunos pode ajudar a trazer respostas para possíveis falhas no ensino antes despercebidas e que podem ser remediadas e aprimoradas. Assim, hipóteses como desinteresse por parte dos alunos, horários inadequados das monitorias, não entendimento por parte dos alunos da importância do programa e local não apropriado ao desenvolvimento desta atividade são possíveis indicativos de falhas no sistema de monitoria.

As atividades extracurriculares são atividades complementares que possibilitam ao aluno adquirir conhecimentos de interesse para sua formação pessoal e profissional, constituindo um meio de ampliação de seu currículo, com experiências e vivências acadêmicas internas e externas ao curso (FIOR; MERCURI, 2003). Dos alunos participantes da pesquisa 41,9% optaram por pesquisa científica como atividade extracurricular e, 34,9% se interessaram pela atividade de monitoria. Sobre essas duas categorias é interessante observar que se relacionam, uma vez que a maioria dos alunos interessados em dar monitoria também se interessa pela pesquisa. Do total, 22,1% de alunos interessa-se por atividades extensionistas como semana Universitária (SUEQ), centro acadêmico (CA) e empresa júnior (TriEQ). Uma pequena porcentagem do total de alunos (1,2%), afirmaram participar de eventos culturais e sociais externos à universidade.

Outro fator avaliado foi à participação dos discentes em intercâmbios internacionais. Do total, 86,2% dos alunos não participaram de nenhuma atividade de intercâmbio, 13,2% participaram do Programa Ciência Sem Fronteira ou outro programa de

intercâmbio institucional e 0,6% participaram de algum programa fora da universidade. É importante ressaltar que esses programas institucionais apresentam pré-requisitos, como carga horária cursada e notas em exames de proficiência, o que poderia justificar o baixo índice de participação. Fatores como desinformação, principalmente sobre a participação de alunos com baixo índice acadêmico em programas como o Ciência Sem Fronteiras estão atrelados ao baixo índice de participação nesses programas. Outro fator relevante são os programas não institucionais que vem ganhando espaço e visibilidade no espaço acadêmico.

Segundo Barreto (2010), as atividades complementares contribuem para a definição do próprio perfil do formando, de modo que as Instituições de Ensino Superior, ao estabelecerem seus critérios para validação das mesmas, devem analisar em seu Projeto Pedagógico do Curso quais profissionais pretendem formar. Segundo Quélhas e Cardoso (2003), anteriormente exigia-se do engenheiro basicamente habilidades técnicas e conhecimentos específicos da área, porém com a globalização, houve a necessidade de expansão destas habilidades e conhecimento, muitas vezes, não inseridos no curso de engenharia. O engenheiro moderno além dos aspectos como iniciativa, criatividade e capacidade de liderança, também deve exibir em seu perfil adaptabilidade e forte embasamento conceitual. Conhecimentos sobre relações humanas, impactos tecnológicos sobre o meio ambiente, mercado, finanças, aspectos administrativos, comunicação oral e escrita aliados aos conhecimentos técnicos são de fundamental importância para uma carreira eficiente de engenharia no novo cenário mundial.

Sobre o desempenho na graduação 48,8% dos estudantes avaliam-no como satisfatório. Enquanto que 36,0%, avaliaram como regular, seguido de 8,1 % como muito satisfatório. Do total, 5,8% consideraram como insatisfatório; e 1,2% como péssimo. Além disso, foi realizada também a pergunta: “Como você acredita que poderia melhorar seu desempenho na graduação?”. Os principais argumentos citados pelos alunos indicam que a grande carga de trabalho acadêmico e atividades extraclasse são fatores que dificultam um melhor desempenho no curso. Dentre estes dizeres destacam-se:

“Aproximar mais a prática da teoria, ir além dos laboratórios, para o chão de fábrica e a vivência da profissão.”

“Meu desempenho na graduação poderia ser melhorado com melhor planejamento dos estudos, realizando-os diariamente.”

As falas dos participantes indicam uma sobrecarga nos estudos, mas também uma maior necessidade de organização dos estudos no ambiente fora da universidade. Desse modo, o estudo e a organização de uma rotina para além da universidade se apresentam como um fator importante e que influencia no desempenho acadêmico, assim como a participação destes em atividades extraclasse.

Satisfação Discente

As medidas de satisfação abrangem o interesse do estudante com toda a experiência de formação e também aspectos mais específicos ligados à qualidade do ensino, ao currículo, ao relacionamento com os professores e colegas, a administração, as instalações e recursos da universidade, além da percepção do estudante sobre o ambiente acadêmico e intelectual da instituição (ASTIN, 1999; SOARES et al., 2002). Além disso, medidas de satisfação acadêmica também contemplam o contexto institucional em sua totalidade, levando em consideração a qualidade do curso, relação teoria e prática, qualidade da instrução recebida, sistema de avaliação, contato com os professores e colegas, matriz curricular, administração da universidade, suas instalações e recursos (ASTIN, 1999; LEE et al.; 2009).

Em vários estudos, a investigação da satisfação acadêmica surge como um elemento importante na avaliação da eficácia institucional e dos contextos educativos, possibilitando às instituições reestruturarem sua organização para se adaptarem às necessidades estudantis (KNOX et al., 1992; MARTINS, 1998 ELLIOTT; SHIN, 2002).

Sobre a satisfação com o planejamento e organização do processo de ensino-aprendizagem, 43,6% do total de alunos afirmaram que não estão satisfeitos. Quando questionados com a pergunta aberta do por que da insatisfação, as justificativas predominantes foram o planejamento e o oferecimento anual das disciplinas, quantidade elevada de pré-requisitos, a carga horária excessiva, falta de tempo e incentivo para realização de atividades extracurriculares e falta de incentivo para realização de estágio. Entre os dizeres, destacam-se:

“Excesso de aulas teóricas, carga horária excessiva que muitas vezes impedem a realização de atividades extracurriculares. ”

“Muitos pré-requisitos envolvidos que não fazem sentido dificultando a agilidade e mobilidade do aluno em avançar no curso. Falta de proximidade da indústria por parte da instituição, por sorte nós os alunos da Engenharia Química corremos atrás criando eventos, empresas juniores, a fim de, encontrarmos a indústria no final do curso.”

Outro aspecto importante levantado pelos alunos para a insatisfação está o alto índice de reprovação nas disciplinas. Os participantes apontam como as reprovações como um dos fatores que mais afetam o desempenho e a satisfação com o curso, uma vez que não é só o fato de repetirem a disciplina, mas do conteúdo ser apresentado da mesma forma ou seja, existem poucas mudanças na didática dos professores ao longo dos semestres.

Os alunos justificam também a insatisfação devido ao distanciamento entre a teoria aplicada em sala e a realidade industrial. Porém, este argumento demonstra-se de certa forma um pouco contraditório, já que em situações onde a proximidade com a realidade industrial é propiciada ao estudante é baixa a participação e o interesse dos alunos. Um exemplo deste fato é a semana universitária da engenharia química (SUEQ) na qual os alunos dedicam-se exclusivamente a conhecer à realidade industrial com palestras, minicursos, exposições de trabalhos e visitas técnicas. Neste evento

a adesão dos alunos não passa de 60% e, muitos alunos optam por se ausentar da cidade/universidade durante este período.

A figura 4 representa o nível de satisfação dos discentes a itens como atuação de coordenação, didáticas dos professores, quantidade de aulas práticas do seu curso, qualidade do ensino das disciplinas específicas teóricas e qualidade do ensino das disciplinas básicas do curso:



Figura 4. Nível de satisfação discente

A partir da figura 4 é possível avaliar que, independente do critério avaliado os níveis de satisfação discente são relativamente altos, todos acima de 60%. A atuação da coordenação/departamento” do curso de Engenharia Química alcançou uma das maiores médias na avaliação. A qualidade no ensino das disciplinas específicas teóricas, também apresentou uma média mais alta em relação às demais, demonstrando que os professores apresentam bom conhecimento teórico e conseguem passar isso em sala, de maneira satisfatória. Destaca-se também que, por serem disciplinas específicas do curso, os alunos podem estar mais motivados a aprender. Média que não se repete na categoria “qualidade do ensino das disciplinas básicas”. Para essa categoria uma hipótese que pode ser levantada é o número de reprovações nas disciplinas, que deixam os alunos mais desmotivados.

Na categoria “quantidade de aulas práticas”, os alunos participantes indicam que são em número insatisfatório, indicando que este é um aspecto que deveria ser avaliado nas próximas mudanças da matriz curricular. Outro ponto analisado é a “didática dos professores” que é avaliada com escores mais baixos. Quando perguntado “Que sugestão você faria para melhorar a capacidade didática das aulas?”, as respostas que se destacaram são mostradas na sequência.

“Acredito que o corpo docente da universidade é bem satisfatório, o que deixa a desejar e talvez atrapalhe um pouco o rendimento dos alunos, é a infraestrutura.”

“Aulas mais dinâmicas, com mais resolução de exercícios e dúvidas em sala,

pois apenas a exposição da matéria fica cansativa e desinteressante, já que a aprendizagem ocorrerá no momento do exercício.”

“Maior interatividade entre professor e aluno.”

O resultado do processo de avaliação da satisfação no meio acadêmico, só tem finalidade prática, após uma análise crítica do contexto e uma visão geral de todo o processo. Uma vez que não é possível encontrar, uma unanimidade e uma única verdade, já que como foi dito a satisfação acadêmica está diretamente relacionada a toda experiência de formação acadêmica e, portanto, tem um alto peso subjetivo e individual. Neste sentido, podem existir grandes divergências nos anseios dos acadêmicos. Este fato pode, por exemplo, ser claramente evidenciado nos dizeres dos acadêmicos a seguir:

“Conter mais aulas com “PowerPoint”, para que os alunos copiem menos da lousa e fiquem mais atentos às explicações dadas em sala.”

“Utilizar menos slides e resumir a matéria com muitos exercícios em lousa.”

Nota-se que muitas vezes, o aluno pode confundir a qualidade no ensino com o recurso didático utilizado pelo professor, que lhe agrada ou não naquele momento. Sendo assim, estes dados devem ser analisados com cautela, a fim de que esta avaliação de satisfação indique caminhos reais para a melhora na qualidade do ensino.

Motivação Discente

A definição de motivação perpassa pela manifestação da tensão gerada por uma necessidade (MARTINEZ; PARAGUAY, 2003). Gil (1999) afirma que a motivação é um dos fatores mais importantes para o aprendizado, assim como para a realização de qualquer tarefa. Segundo Azevedo e Faria (2006), os fatores motivacionais podem, entre outros fatores, explicar tanto os altos, quanto os baixos rendimentos acadêmicos. Azevedo e Faria (2006), como também González-Pienda (2003), observaram que para se ter um bom desempenho acadêmico é imprescindível que o estudante possua aptidão para tal, como também é de igual importância que este tenha vontade de alcançar este objetivo, ou seja, possua motivação para isto. Brophy (1999) afirma que é de extrema importância que o ensino proporcione aos estudantes um nível mediano e constante de motivação. Porém, de modo geral, no meio acadêmico a desmotivação é um fato comum e recorrente, uma vez que, não são propiciados níveis satisfatórios de motivação e de estímulo à aprendizagem (GUIMARÃES, 2004).

A motivação pode ser subdividida em dois âmbitos: a motivação extrínseca e a motivação intrínseca. A motivação extrínseca trata-se da tendência dos estudantes de se submeterem a uma dada atividade com o intuito de ganhar uma recompensa ou não ganhar uma punição, como, por exemplo, ser aprovado e/ou receber uma nota alta ou de possíveis penalidades ou repressões advindas do docente (VANSTEENKISTE *et al.*, 2006). Para Guimarães (2004), os estudantes motivados intrinsecamente se munem de importantes ferramentas para realizarem determinadas atividades, conseguindo

superar os desafios encontrados no decorrer da formação e tendem a aprender com seus erros, gerando assim melhores resultados. Neste contexto, o professor é um fator externo importantíssimo na geração de motivação para o estudante.

O comportamento do professor, o entendimento da sua responsabilidade e seu comprometimento dentro do processo motivacional, são decisivos para se alcançar bons resultados (ROGERS, 1980). Seguindo uma análise direcional e sistematizada, o psicólogo Carl Rogers (1980) descentraliza o professor, tornando o aluno o ponto central no processo de aprendizagem. Neste sistema, o professor torna-se um agente facilitador da aprendizagem do aluno, levando em consideração a opinião, cooperação e participação ativa do aluno. Assim é possível ao educador maior consciência de suas atitudes, compreendendo também as atitudes e reações dos alunos, enxergando-os como seres humanos reais e não a encarnação abstrata de uma exigência curricular. Desta forma, o professor proporciona uma maior motivação e comprometimento do aluno, o qual se sentiria incluso no processo de aprendizagem (ROGERS, 1980).

Um aluno motivado se mostra muito mais envolvido no aprendizado e tende a buscar cada vez mais situações desafiadoras, tornando a busca pelo conhecimento prazerosa. A figura 5, a seguir apresenta o nível de motivação geral dos alunos obtida neste trabalho.

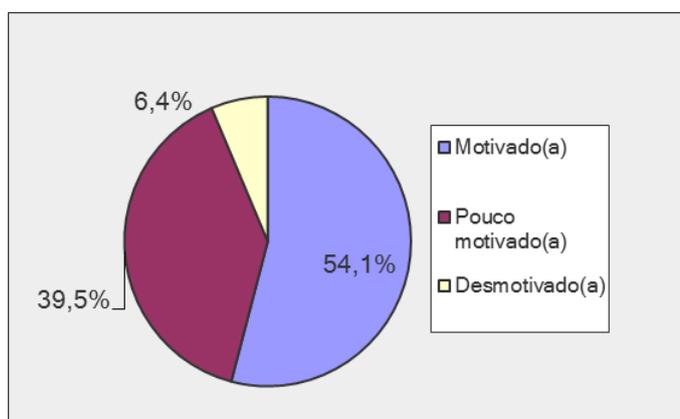


Figura 5. Grau de motivação discente

Nota-se que o nível de motivação dos estudantes é significativo (54,1%). Quando investigado com a pergunta aberta do porquê da motivação, grande maioria justificou que a motivação se dava pela “afinidade com a profissão”, entre estes dizeres, destaca-se:

“Pois é o curso e área que sempre me vi encaixado, apesar das dificuldades acadêmicas eu me sinto motivado para terminar o curso no tempo que for preciso e trabalhar na área a qualquer custo.”

“Pois a área de atuação que o curso fornece apresenta muitas vertentes possíveis após a conclusão da graduação.”

Atividades extracurriculares ofertadas pelo curso, também foi um ponto indicado

como justificativa para o “estar motivado”:

“Me sinto motivada mais pelas atividades extracurriculares que a engenharia química oferece [...]”

Dentre os alunos “pouco motivados” e os “desmotivados” há uma gama de fatores, que justificam esse posicionamento como: A falta de infraestrutura, abstração do curso, a falta de motivação pelos professores, dificuldades das matérias e a mercado de trabalho. Destaca-se entre os dizeres:

“Pela dificuldade do curso, e também pelos pré-requisitos que assombram a linearidade programada do término do curso.”

“Não arrumei um estágio bom, e dos meus amigos formados 1% estão trabalhando, o resto optou por mestrado a maioria por falta de opção.”

“O mercado de trabalho não está favorecido, o curso enfrenta alguns problemas de infraestrutura e algumas coisas ficam a desejar na nossa formação.”

No estudo de Tribess e colaboradores (2005), os docentes foram citados como os mais importantes agentes motivadores pelos discentes. Dentre os aspectos encontrados como mais importantes estão: “o relacionamento professor-aluno, a didática do professor, o entusiasmo e o empenho do professor ao passar o conteúdo, o estímulo transmitido, o domínio do conteúdo e o tipo e a forma das aulas”. Os autores confirmam o que mostra o presente estudo, que o professor e seu preparo didático-pedagógico influenciam significativamente na motivação discente. Este fato é claramente observado no seguinte dizer:

“O professor antes de tudo, precisa estar aberto a dúvidas e disposto a saná-las. Além disso, precisa entender que o certo, é uma aula com interação aluno/professor, buscando sempre atividades que proporcionem conhecimento e ao mesmo tempo, retratam o cotidiano do profissional. Tentar ensinar, é diferente de impor uma matéria/conteúdo.”

Estudos como o de Lacerda e colaboradores (2008), indicam que os alunos valorizam o contato com professores que utilizam aulas dinâmicas, fazendo assim com que eles se sintam motivados. Piva e colaboradores (2008) apontaram em seu estudo que o professor que possui boa qualificação pedagógica, além de usar estratégias diversificadas para atender a necessidade de aprendizagem discente, tende a motivá-lo, elevando o nível de qualidade do ensino na Universidade.

Outro ponto importante avaliado neste trabalho é a correlação motivação e ano de ingresso. A tabela 01 apresenta a motivação relacionada ao ano de ingresso.

Ano/Motivação	Motivado (a)	Pouco motivado (a)	Muito motivado (a)
2010	33,3%	55,6%	11,1%
2011	33,8%	53,8%	7,7%
2012	53,9%	42,3%	3,4%
2013	48,1%	44,4%	7,4%
2014	36%	56,0%	8,0%
2015	70,8%	20,8%	8,3%
2016	74,4%	23,4%	2,6%

Tabela 1 Relação do nível de satisfação dos discentes por ano de ingresso nos cursos da EQ

Nota-se que os alunos com menor motivação são os alunos que ingressaram no curso nos anos de 2010 e 2011. Provavelmente, o fato de estes discentes estarem atrasados na conclusão do curso (regularmente seria em 5 anos), menor número de campos de estágio associado à instabilidade do mercado de trabalho, em consequência da conjuntura política atual, poderia justificar a menor motivação.

Stipek (1996) observou que a motivação dos alunos decresce à medida que se avançam no contexto acadêmico. Ao comparar o nível de motivação dos alunos ingressantes com os concluintes da EQ-UFTM, nota-se que nível de motivação tende a diminuir com o avanço no curso, sendo maior para os ingressantes. Tal observação é convergente com a afirmação de Stipek (1996). Este mesmo autor, e outros, evidenciam que ao entrar numa sala de aula de educação inicial é possível observar a curiosidade e o interesse dos estudantes. Porém, numa sala de ensino mais avançado, como o ensino universitário, pode-se perceber, de maneira geral, desinteresse, insatisfação e desmotivação (STIPEK, 1996; JACOBS; NEWSTEAD 2000).

4 | CONCLUSÕES

Este estudo, na medida em que buscou analisar o perfil, nível de satisfação e a motivação dos estudantes do curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, permitiu assim, visualizar a configuração do curso, e as possíveis necessidades dos alunos.

Logo, a partir do conhecimento das necessidades e os níveis de satisfação e motivação dos discentes, possa-se pensar em estratégias para melhorias no curso. Neste sentido, os níveis de motivação tornam-se um norteador para melhorar a organização do curso, seja o plano pedagógico, como também na formação e práticas dos docentes. Ressalta que os fatores intrínsecos devem ser levados em consideração na análise e possíveis mudanças. A infraestrutura da instituição e a preparação dos docentes são fatores importantes nessa relação aluno-motivação/satisfação, uma vez que interferem na formação e permanência desse aluno na universidade.

Espera-se que este estudo possa promover uma ampliação da compreensão das necessidades dos estudantes, a partir da identificação dos níveis e aspectos motivacionais, contribuindo para que iniciativas para melhoria das estratégias de comunicação, organização do curso e da instituição, possam ganhar espaço nas discussões entre discentes, docentes e entre os dois.

5 | AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Sabrina Barroso do Departamento de Psicologia da UFTM.

REFERÊNCIAS

- ASTIN, A.W. Student Involvement: A developmental theory for higher education. *J Coll Student Dev.* v.40, n 5, p.518-29, 1999.
- AZEVEDO, A.; FARIA, L. Motivação, Sucesso e Transição para o Ensino Superior. *Psicologia*, v. 20, n.2, p.69-93. 2006.
- BARRETO, M. G. P. **Atividades Complementares (XVII ENANGRAD)**. Disponível em: <<http://www.enangrad.org.br/xviienangrad/download/4/Atividades%20Complementares%20-%20Maria%20da%20Graca%20Pitia%20Barreto.ppt>> Acesso em: 24 mar. 2016.
- BRINGUENTI, I. O ensino de engenharia na escola politécnica da USP: fundamentos para o ensino de engenharia. **EPUSP**, São Paulo, 1993.
- BROPHY, J. Research on Motivation in Education: Past, Present and Future'. In *Advances in Motivation and Achievement*. **Jai Press**. p.1-44. 1999.
- CHEN H.S, LO H.S. Development and psychometric testing of the nursing student satisfaction scale for the associate nursing programs. *J Nurs Educ Pract.* v.2, n 3, p.25-37, 2012.
- ELLIOTT, K. M.; SHIN, D. Student satisfaction: An alternative approach to assessing this important concept. *Journal of Higher Education*, v.24, n.2, p. 197-209, 2002.
- FIOR, C.A, MERCURI, E. Formação universitária: o impacto das atividades não obrigatórias. In: Mercury E, Polydoro SAJ, orgs. **Estudante universitário: características e experiências de formação**. Taubaté, 2003.
- FONTAINE, A. M. **Motivação e Realização Escolar**. Lisboa: INIC, 1990.
- GAZOTTO, M. **Políticas públicas educacionais: uma análise sobre a Política Nacional de Assistência Estudantil no contexto da Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM**. 2014. 94 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2014.
- GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5ª Ed- São Paulo: Atlas, 1999.
- GONZÁLEZ-PIENDA, J. A. El Rendimiento Escolar: Una Análise de las Variables que lo Condicionan. *Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía e Educación*, v.9. p. 247-58, 2003.
- GUIMARÃES, S. O Estilo Motivacional do Professor e a Motivação Intrínseca dos Estudantes: Uma Perspectiva da Teoria da Autodeterminação. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, Porto Alegre, v.17, n.2, p.143-50, 2004.
- IMBERNÓN, F. **Formação continuada de professores**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- JACOBS, P. A.; NEWSTEAD, S. E. The Nature and Development of Student Motivation. *British Journal of Educational Psychology*, v.70, n.2, p.243- 54, 2000.
- KNOX, W. E.; LINDSAY, P.; KOLB, M. N. Higher Education, College Characteristic, and Student Experiences. *Journal of Higher Education*, v.63, n. 3, p. 303-328, 1992.
- KOPKE, R.C.M.; KOPKE, A.M. Experiências **em docência na Engenharia – Graduação e Monitoria**. In: Congresso Brasileiro De Ensino De Engenharia. Anais... Brasília: UnB, 2004.
- LACERDA, J. R.; REIS, S. M.; SANTOS, N. A. Os fatores extrínsecos e intrínsecos que motivam os alunos na escolha e na permanência no curso de ciências contábeis: um estudo da percepção dos

discentes numa universidade pública. **Enf.: Ref. Cont. UEM**. Paraná, v. 27, n. 1, p. 67 – 81, 2008.

LEE, C.Y.; WHITE, B.; HONG, Y.M. Comparison of the clinical practice satisfaction of nursing students in Korea and the USA. **Nurs Health Sci.**, v.11, n.1, p.10-6, 2009.

LITTO, F. M. **O papel do Engenheiro dos Anos 2000 no Desenvolvimento Integral da Sociedade Brasileira**. In: Seminário: o engenheiro dos anos 2000. CCT/UFSCar, São Carlos, SP. Anais...Painel 1, p.9-14, 1996.

MARTINEZ, M. C; PARAGUAY, A. I. B. B. Satisfação e saúde no trabalho: aspectos conceituais e metodológicos. **Caderno Psicologia Social do Trabalho**, São Paulo, v. 6, p. 59-78, 2003.

MARTINS, F. **A satisfação acadêmica: Construção de uma escala**. Em Anais do 4º Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia, Universidade do Minho, Braga-Portugal, p.188-193,1998.

MASETTO, M.T. Formação pedagógica dos docentes do ensino superior. **Revista Brasileira de Docência, Ensino e Pesquisa em Administração**. Edição Especial, v.1, n.2, p. 04-25, 2009.

NATÁRIO, E. G. **Programa de monitores para a atuação no Ensino Superior – Proposta de Intervenção**. 2001. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

OLIVEIRA, V. F. Crescimento, evolução e o futuro dos cursos de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 24, n. 2, p. 3-12, 2005.

PENNINGTON, D. C.; ZVONKOVIC, A. M.; & WILSON, S. L. Changes in College Satisfaction Across an Academic Term. **Journal of College Student Development**, v.30, p.528-535,1989.

PIVA, J. A. de A.; FIGUEIREDO, M. M.; LIAO, C. O. A importância da capacitação docente na visão de um grupo de professores universitários. **Anuário da Produção Acadêmica Docente**, v. 2, n. 3, p. 255-267, 2008.

PPC EQ 2012, **Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Química, Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas, Universidade Federal do Triângulo Mineiro**. Disponível em:< http://www2.uftm.edu.br/upload/ensino/PPC_Engenharia_Quimica2212014.pdf>. Acesso: 08/06/ 2016.

QUÉLHAS, G. S.; CARDOSO, T. F. L. **A abordagem instrumental no ensino de língua inglesa aplicada à engenharia**. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Anais... Rio de Janeiro: IME, 2003.

ROGERS, C. R. **Tornar-se Pessoa**. Livraria Martins Fontes: São Paulo, 1980.

SOARES, A. P. C., VASCONCELOS, R. M.; ALMEIDA, L. S. **Adaptação e Satisfação na Universidade: Apresentação e validação do Questionário de Satisfação Acadêmica**. Contextos e dinâmica da vida acadêmica, Guimarães: Universidade do Minho, p.153-165, 2002.

STIPEK, D. J. **Motivation and Instruction**. In **Handbook of Educational Psychology**. Nova Iorque: Simon e Schuster Macmillan. p.85-113. 1996.

TELLES, P. C. S. **História da engenharia no Brasil: século XX. 2.** ed. Rio de Janeiro: Clavero, 1994.

TOZZI, M. J.; TOZZI, A. R. **A participação das mulheres nos cursos de engenharia do Brasil**. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, XXVIII. 2010 Fortaleza. Anais... COBENGE Fortaleza, 2010.

TRIBESS, A. SOUZA, H. A; RODRIGUES, E. F. **Papel do professor na motivação à aprendizagem**

dos alunos de engenharia. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Anais... Porto Alegre: PUCRS, 2005.

VANSTEENKISTE, M.; LENS, W.; DECI, E. L. Intrinsic Versus Extrinsic Goal Contents in Self-Determination theory: Another Look at the Quality of Academic Motivation. **Educational Psychologist** v.41, n.1, p.19-31, 2006.

VIVAS, V.H.; ALVES, L.; SILVA, P.P. **Perfil e motivação de estudantes do curso de Engenharia Química**, 2016. In: XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, UFRN. Anais...

CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL: IMPORTÂNCIA DA APRENDIZAGEM NO CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

Jerry Gleison Salgueiro Fidanza Vasconcelos

Professor do Instituto Federal do Ceará – IFCE,
Departamento de Matemática,
Fortaleza - Ceará

Maria de Lourdes Silva Neta

Professora do Instituto Federal do Ceará – IFCE,
Departamento de Pedagogia,
Fortaleza – Ceará

Antônio Cícero do Vale

Professor e Coordenador Da Faculdade UNIQ,
Quixeramobim - Ceará

Erick Dieb Souza

Aluno de Mestrado da Universidade Federal do
Ceará – UFC, Fortaleza – Ceará

RESUMO: A sistematização do Cálculo Diferencial e Integral, ou simplesmente Cálculo, no início do século XVIII, foram geradas de infinitas possibilidades de novas descobertas e aplicações matemáticas, pois essa ferramenta estende-se a outros campos das ciências, sejam exatas ou humanas. O presente trabalho buscou compreender a importância do Cálculo Diferencial e Integral na formação de professores no Curso de Matemática destacando aplicabilidade em diversas áreas do cotidiano. O referencial teórico-metodológico basilar aportou-se nos escritos de Almeida (2016), Catinin (2001), Fonseca (2015), Guedin (2004),

dentre outros. O caminho metodológico pautou-se na abordagem qualitativa com a técnica de coleta de dados bibliográfica. Destacamos a importância de conhecer a aplicabilidade do Cálculo para entender os seus conceitos e assim poder contribuir para despertar a motivação por parte dos acadêmicos para o estudo desta temática. Acreditando que essa pesquisa possa contribuir com o trabalho dos docentes e ao melhor aprendizado dos discentes na concepção, elucidação e ilustração dos fatos históricos deste ramo da Matemática.

PALAVRAS-CHAVE: Cálculo Diferencial e Integral, Formação Docente, Experiência Inovadora.

ABSTRAC: The systematization of the differential and Integral Calculus, or simply Calculation, in the early 18th century, were thrown of infinite possibilities of new discoveries and Mathematical applications, because this tool extends to other fields of science, to be exact or humanities. The present study sought to understand the importance of differential and Integral Calculus in the training of teachers in the course of Mathematics emphasizing applicability in various areas of daily life. The theoretical-methodological Foundation arrived in the writings of Almeida (2016), Catinin (2001), Fonseca (2015), Guedin (2004), among others. The methodological path was in the qualitative

approach with the bibliographical data collection technique. We stress the importance of knowing the applicability of Calculation to understand their concepts and thus be able to contribute to awakening the motivation on the part of scholars to study this issue, believing that this research can contribute to the work of teachers and better students in learning design, elucidation and illustration of the historical facts of this branch of mathematics.

KEYWORDS: Differential and Integral Calculus, teacher education, innovative experience.

1 | INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade com a utilização das tecnologias a aquisição de conhecimentos precisa ir além dos cursos ofertados nas instituições formais de ensino ultrapassando as fronteiras geográficas sem tempo e espaço definidos. Ou seja, temos outros lócus, projetos, experiências e ferramentas que fornecem informações e geram conhecimento. O processo de formação nos cursos de licenciatura precisa ser redimensionado, para que os futuros docentes ao concluírem os cursos, além dos conhecimentos teóricos e práticos disseminados no decorrer da formação, saibam utilizar os aspectos didáticos-pedagógicos para mediar a aprendizagem dos estudantes e perpassar outras áreas e sejam utilizados no cotidiano.

Desde o surgimento da humanidade, a Matemática esteve presente nas diversas áreas. A Matemática como ciência dos números e dos cálculos sempre foi utilizada pelo homem para facilitar sua vida, como os egípcios na engenharia e astronomia, bem como os gregos que a utilizaram como ciência lógica até a criação do Cálculo Diferencial e Integral (FONSECA, 2015).

Para Fonseca (2015), com a sistematização do Cálculo Diferencial e Integral, ou simplesmente Cálculo, por Newton e Leibniz no início do século XVIII, criaram-se infinitas possibilidades de novas descobertas e aplicações da Matemática, pois essa ferramenta estende-se a todos os campos das ciências, sejam exatas ou humanas. Nessa acepção no escrito objetivamos compreender a importância do Cálculo Diferencial e Integral na formação de professores no Curso de Matemática destacando aplicabilidade em diversas áreas do cotidiano. Por objetivos específicos propomos analisar a relevância das disciplinas de Cálculo nos cursos de licenciatura em Matemática tornando-o mais atraente para os estudantes, e que possam vincular os conceitos matemáticos enfocados em sala de aula com o contexto no qual estão inseridos; descrever as aplicações do cálculo em diversas áreas do conhecimento.

Diante das finalidades da investigação para constituir os aspectos metodológicos do texto optamos pelo na abordagem qualitativa, é necessário o pesquisador observar os sujeitos e realizar esforço para compreender as diversas opiniões, destacando a característica para fazer uso da abordagem qualitativa na formação docente. O estudo de cunho qualitativo objetiva a compreensão, devendo ser de natureza teórica

e prática, concomitantemente. O trabalho corresponde à abordagem de investigação qualitativa, recaindo sobre aspectos da formação docente nos cursos de Matemática, no tocante as experiências ao cálculo diferencial e integral e sua aplicabilidade em outras áreas. Por técnica de coleta de informações escolhemos a bibliográfica tipo de pesquisa que toma se baseia em materiais existentes, analisados dentre livros e artigos. Vale salientar que qualquer trabalho científico começa com uma pesquisa bibliográfica sobre o tema ou assunto que o pesquisador vai trabalhar. Para Fonseca (2002, p.32) “a pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites”.

O Cálculo raramente é abordado sob uma perspectiva histórica nos cursos de graduação. Entretanto, esta visão histórica é fundamental para estabelecer uma mediação entre teoria matemática e suas aplicações. Estudiosos de vários níveis de escolaridade apresentam dificuldades de aprendizagem nos conteúdos matemáticos. É possível encontrar na literatura estudos que buscam entender as razões dessas dificuldades e, ao mesmo tempo, procuram encontrar alternativas para o ensino desses conteúdos.

Para Almeida (2016), uma possível resposta para esse baixo nível de desempenho é a falta de interesse dos discentes, e isso se estende aos estudantes que cursam as disciplinas que necessitam de cálculo, como no caso da Matemática. Uma vez que o conteúdo é ensinado na grande maioria das vezes de forma teórica, sem aplicações práticas, o estudante é conduzido ao desinteresse, deixando de visualizar e compreender a finalidade e relevância do assunto. A partir de ações formativas que deixam de aliar teoria e prática, estes escolares sentem dificuldades para resolver problemas práticos de outras disciplinas, uma vez que o cálculo não foi contemplado de uma maneira que despertasse o entendimento correto de como aplicar esse conhecimento nas instituições formativas e na comunidade em que vivem. As informações disseminadas em sala de aula pelos professores necessitam instigar os estudantes a conhece à ferramenta, e principalmente utilizá-la de maneira prática.

Dessa forma e com o escopo de gerar o entendimento acerca da investigação a revisão de literatura de nosso escrito foi estruturada em dois momentos, inicialmente, enfocamos a relevância do cálculo diferencial e integral, posteriormente, aplicabilidade do cálculo diferencial e integral no cotidiano.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Importância do Cálculo Diferencial e Integral na Formação de Professores de Matemática

Para Schneider (2010) desde os primórdios das civilizações, a matemática vem

evoluindo com a humanidade, assim como todas as áreas de estudo. Esta evolução deixou para trás uma sociedade de subsistência e deu origem a uma era capitalista. A matemática até então era usada para resolver situações reais específicas do homem passou a ser uma ferramenta capaz de contribuir para a resolução de problemas em diferentes áreas do conhecimento. Daí surgiu a necessidade de sistematizar, organizar e resolver tais problemas, os quais possibilitaram o surgimento e o desenvolvimento de áreas importantes da matemática, como o Cálculo Diferencial e Integral.

O Cálculo Diferencial e Integral, através de seus conceitos e resultados, vai além dos aspectos matemáticos permite resolver diversas situações-problema do dia a dia, e em diversas áreas como, por exemplo: Engenharia, Ecologia, Computação, Administração, Economia, Física, Medicina, dentre outras. Então, por este vasto campo de aplicações se justifica a introdução e estudo do Cálculo Diferencial e Integral em muitos cursos de graduação (LIMA & SILVA, 2012). Sendo assim, destacamos que os conhecimentos acerca do Cálculo Diferencial e Integral podem auxiliá-los no trabalho dos professores de Matemática e de outras áreas, aspecto que pode gerar ações formativas interdisciplinares nos espaços formativos.

A palavra Cálculo originária do latim, “*calculus*”: na Roma Antiga era uma pequena pedra ou seixo usado para contagem e jogos, e o verbo latino “*calcular*” passou a significar ‘figurar’, ‘computar’, ‘calcular’ (SIMMONS, 1987).

Atualmente, a palavra Cálculo indica um método ou sistema de métodos para resolver certos tipos de problemas quantitativos, como: o cálculo das probabilidades, cálculo lógico, cálculo das diferenças finitas, cálculo vetorial, cálculo dos resíduos, e assim por diante (CATININ, 2001, p. 11).

Como podemos perceber a palavra cálculo tem muitas variações e define diversas metodologias a serem aplicadas para resolução de problemas dependendo do contexto, área de estudo ou campo de trabalho.

Tem como principal objetivo servir de base para as diversas carreiras, devido a sua grande aplicabilidade, desempenhando importante papel como linguagem na representação dos fenômenos e como instrumento para a resolução de problemas (CATAPANI, 2001, p. 50).

A expressão Cálculo Diferencial e Integral, ou abreviadamente Cálculo, designa basicamente dois processos: a derivação e a integração. A derivação “está relacionada com a descrição e mensuração da maneira como as coisas variam, se movem e crescem” (BARON, 1985). Já a integração constitui uma ferramenta básica nos processos de soma. “O Cálculo Diferencial e Integral é a matemática da variação” (LARSON, 1998).

A maioria dos problemas que mantiveram o desenvolvimento do Cálculo Diferencial e Integral é de origem geométrica ou podem assim ser abreviados. Segundo Baron (1985), historicamente o modelo geométrico exerceu um papel central no seu desenvolvimento.

A derivada e a integral são duas noções básicas do Cálculo. Do ponto de vista

geométrico, a derivada está ligada ao problema de traçar a tangente em uma curva, enquanto que a integral está relacionada com o problema de determinar a área de certas figuras planas, mas também possui muitas outras interpretações possíveis. Na realidade, a grande descoberta de Newton e de Leibniz foi que a Matemática, além de lidar com grandezas, é capaz de lidar com a variação das mesmas (GUEDIN, 2004).

Uma das formas mais simples de interpretar e entender o processo de derivação é concebê-lo como a inclinação (declive) da reta tangente ao gráfico de uma função, $y = f(x)$, conforme a figura 1.

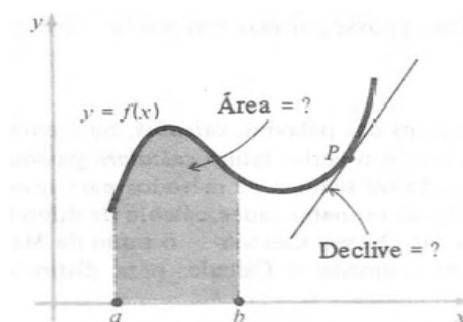


Figura 1- Interpretação geométrica da derivação e integração

A partir deste conceito outros problemas podem ser estudados, como o caso dos pontos de máximo e mínimo de uma função. Nestes pontos, as retas tangentes são horizontais, ou seja, com inclinação zero. Para Catinin (2001) esta aplicação do conceito de derivada de uma função mostrou-se útil em diferentes áreas das Ciências. Quanto ao processo de integração, tem o seu ponto de partida nos problemas de quadratura de curvas, ou seja, a área limitada por uma curva, como podemos observar na Figura 1.

Segundo Catinin (2001), assim como em outras áreas da Matemática, o Cálculo surgiu e se desenvolveu a partir de uma combinação entre problemas, formulações de conceitos e teorias adequados para resolvê-los. E, por sua vez, estas teorias suscitaram novos problemas e novas teorias e, conseqüentemente, a formulação de um conjunto compreensivo de regras operacionais para a solução de diversos problemas. No item a seguir descreveremos aplicabilidade do cálculo diferencial e integral em diferentes áreas e ciências.

2.2 Experiências de aplicações do cálculo diferencial e integral no cotidiano

No que concerne aos desafios de qualidade, especificamente na formação de professores Masetto (2010) destacou que,

[...] para elevar o nível de qualidade do ensino de graduação exige que nossos educandos aprendam a reconstituir o conhecimento, a descobrir um significado pessoal e próprio para o que estão aprendendo, a relacionar novas informações com o conhecimento que já possuem, com as novas exigências do exercício de sua profissão, com as necessidades atuais da sociedade em que vão trabalhar (p.11 e 12).

Mediante aceção descrita pelo autor constatasse que na experiência formativa se faz relevante a necessidade de reconstrução do conhecimento a partir do significado pessoal do que está sendo ensinado e, principalmente do que está aprendendo. Aprendemos conteúdos, as atividades que nos interessam e irão nos servir seja na vida cotidiana ou nas atividades profissionais. Desta feita, o docente da Matemática além de aprender a utilizar o Cálculo Diferencial e Integral em sua área de formação pode realizar a transposição de didática para que esse conteúdo seja utilizado em outras áreas e situações.

Segundo Guedin (2004) o Cálculo Diferencial e Integral surgiu motivado por alguns problemas do cotidiano como medidas de áreas e curvas, mas a abstração e a sofisticação das ideias que a partir de então foram desenvolvidas fez com que ele se tornasse hoje um assunto fundamental, com aplicações não só em Matemática, mas também em Física, Química, Estatística, Economia e muitas outras áreas do conhecimento.

O cálculo Diferencial é usado na determinação de órbitas de astros, satélites, mísseis, na análise de crescimento de populações, sejam de seres humanos de bactérias ou outra qualquer, em medida de fluxos, seja fluxo sanguíneo, ou de carros em estradas, ou de águas em canos; em importantes problemas de otimização, tais como achar as quantidades ideais de produção que minimizam custos, quais as que maximizam lucros, determinar qual a melhor maneira de empilhar pacotes sob certas condições, como construir reservatórios com máxima capacidade, custo fixado, como achar o melhor caminho de modo a minimizar o tempo de percurso, qual o melhor ou lugar ângulo para construir um teto com certas características entre outros. Por este motivo o Cálculo Diferencial e Integral é um instrumento indispensável de pensamento em quase todos os campos da ciência pura e aplicada. Os métodos e as aplicações do cálculo estão entre as maiores realizações intelectuais da civilização, uma conquista cultural e social, e não apenas científica.

O cálculo tem sido tão bem sucedido por causa de seu extraordinário poder de reduzir problemas complicados a regras e procedimentos simples. É a matemática dos movimentos e das variações. Onde há movimento ou crescimento e onde forças variáveis agem produzindo acelerações, o cálculo é a matemática a ser empregada.

Inventado inicialmente para atender as necessidades matemáticas, basicamente mecânicas dos cientistas dos séculos XVI e XVII. O cálculo diferencial lidou com o problema de calcular taxas de variações. Ele permitiu que as pessoas definissem os coeficientes angulares de curvas calculassem a velocidade e a aceleração de corpos em movimento e determinassem os ângulos que seus canhões deveriam ter a ser disparados para obter maior alcance, além de se prever quando os planetas estariam mais próximos ou distantes de si. O cálculo integral lidou com o problema de determinar uma função a partir de informações a respeito de sua taxa de variação. Permitiu que pessoas calculassem a posição futura de um corpo a partir de sua posição atual e do conhecimento das forças que atuam sobre ele, determinassem o volume e a massa

de sólidos arbitrários.

2.2.1 Na Física

Um móvel desloca-se sobre um seguimento de reta obedecendo à equação horária $s = \text{sent}$ (Unidade do SI). Determine:

- a. Sua velocidade instantânea $t = \frac{\pi}{4}$ segundos.

Portanto a questão trata-se de uma aplicação da equação geral, onde $A = 1$ e $m = 0$. Derivando-se a função $s(t) = \text{sent}$, obtém-se:

$$s'(t) = v(t) = \text{cost}$$

$$v\left(\frac{\pi}{4}\right) = \text{cos}\frac{\pi}{4}$$

$$v\left(\frac{\pi}{4}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ms}$$

- b. Sua aceleração no instante $t = \frac{\pi}{6}$ segundos.

Derivando a velocidade em função do tempo tem-se:

$$v'(t) = a(t) = -\text{sent}$$

$$a\left(\frac{\pi}{6}\right) = -\text{sen}\frac{\pi}{6}$$

$$a\left(\frac{\pi}{6}\right) = -\frac{1}{2} \text{ms}^2$$

Logo sua velocidade e sua aceleração são, respectivamente, $\frac{\sqrt{2}}{2}$ e $\frac{1}{2}$.

2.2.2 Na Medicina

O modelo Count é uma fórmula empírica usada para prever a altura de uma criança em idade pré-escolar. Se $h(x)$ denota a altura (em centímetros) na idade x (em anos) para $\frac{1}{4} \leq x \leq 6$, então $h(x)$ pode ser aproximada por $h(x) = 70,228 + 5,104x + 9,222\ln x$.

- Construa o gráfico da função e da sua derivada, que representa a taxa de crescimento da criança.
- Estime a altura e a taxa de crescimento quando uma criança atinge a idade 2 anos.
- Quando a taxa de crescimento é máxima e mínima? Quanto vale estas taxas?

Analisando os itens temos:

- a. Observe que o gráfico relaciona a altura e a taxa de crescimento,

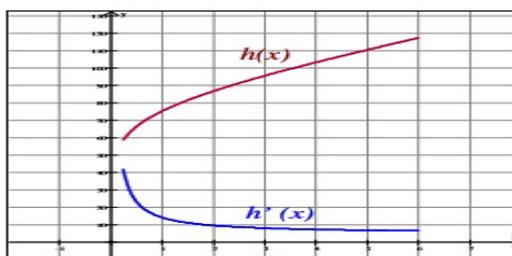


Figura 2 - Altura e taxa de crescimento da criança

- b. Substituindo achamos $h(2) = 86,83$, ou seja, quando uma criança atinge 2 anos, mede aproximadamente 87 cm. A taxa de crescimento é dada pela derivada de h , a qual é $h'(x) = 5,104 + \frac{9,222}{x}$. Assim, quando $x = 2$, temos $h'(2) = 9,715$, ou seja, aos dois anos uma criança cresce cerca de **9,7 cm/ano**.
- c. Pelo gráfico observamos que a taxa de crescimento é decrescente no intervalo considerado, o que pode ser confirmado pela derivada de $h'(x)$, dada por $h''(x) = \frac{-9,222}{x^2} < 0$ para todo x . Assim, a taxa de crescimento será máxima no menor valor de x , ou seja, $x = \frac{1}{4}$ e será mínima, no maior valor de x , ou em $x = 6$. O valor máximo da taxa de crescimento é, portanto, $h'(\frac{1}{4}) = 41,99$ **cm/ano** e o valor mínimo, $h'(6) = 6,64$ **cm/ano**.

2.2.3 Na Astronomia

O peso de um astronauta (ou, mais precisamente, seu peso terrestre) é a força exercida sobre ele pela gravidade da Terra. À medida que o astronauta se move para cima no espaço, a atração gravitacional da Terra decresce e, portanto, o mesmo acontece com raio de 4.000 milhas (cerca de 6.400 km), então, um astronauta que pesa 150 libras (cerca de 68 kg) na Terra terá um peso de

$$w(x) = \frac{2.4000.000.000}{x^2} \text{ lb}, \quad x \geq 4000$$

A uma distância de x milhas do centro da Terra. Use essa fórmula para determinar o trabalho em pés-libras necessário para elevar o astronauta a um ponto que está a 800 milhas acima da superfície da Terra.

Como a Terra tem um raio de 4000 milhas, o astronauta será elevado para um ponto a 4800 milhas do centro da Terra. Como 1 milha = 5280 pés, o trabalho necessário para elevá-lo é:

$$W = \int_{4000}^{4800} \frac{2400000000}{x^2} dx$$

$$W = \left(\frac{-2400000000}{x} \right) \Big|_{4000}^{4800}$$

$$W = -500000 + 600000$$

$$W = 100000 \text{ milhas. lb}$$

$$W = (100000) \text{ milhas. lb} * 5280 \text{ pés/milhas}$$

$$W = 5,28 * 10^8 \text{ pés. lb}$$

2.2.4 Na Biologia

Uma colmeia com uma população inicial de 100 abelhas cresce a uma taxa de abelhas por semana. O que $100 + \int_0^{15} n'(t) dt$ representa?

$$\int_0^{15} n' dt = n(15) - n(0)$$

Como $n(0)$ é a população inicial de abelhas, então $n(0) = 100$.

Assim, $P(t) = \int_0^{15} n' dt = n(15) - 100$ representa o aumento da população de abelhas nas 15 primeiras semanas. Então,

$P(t) = 100 + \int_0^{15} n' dt = n(15)$ representam a população total de abelhas depois de 15 semanas.

2.2.5 Na Psicologia

Em um experimento psicológico, descobre-se que a proporção de participantes que exigem mais do que t minutos para terminar determinada tarefa é dada por $\int_t^{\infty} 0,07e^{-0,07u} du$

Encontre a proporção de participantes que precisa de mais de 5 minutos para terminar a tarefa.

$$P(u) = \int_t^{\infty} 0,07e^{-0,07u} du$$

$$P(u) = \lim_{b \rightarrow +\infty} \int_t^b 0,07e^{-0,07u} du$$

$$P(u) = \lim_{b \rightarrow +\infty} (e^{-0,07u}) \Big|_t^b$$

$$P(u) = \lim_{b \rightarrow +\infty} e^{-0,07b} + e^{-0,07 \cdot 5}$$

$$P(u) \cong 0,70 \cong 70\%$$

70% dos pacientes precisam de mais de cinco minutos para realizar a tarefa.

Foram apresentadas algumas aplicações que envolvem o estudo teórico, assim como, a aplicabilidade no cotidiano, logicamente que para desenvoltura desses casos

propostos o leitor precisa ter certo arcabouço teórico para sua elucidação, ficando clara a necessidade do estudo da teoria aliada com a prática do Cálculo e suas derivações.

3 | CONCLUSÃO: AS CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO

Desde os princípios da humanidade, o homem buscou maneiras, métodos e técnicas que facilitassem sua vida. A matemática surgiu nesse intuito e conseqüentemente, o Cálculo Diferencial e Integral (FONSÊCA, 2015). Apesar da importância dessa ferramenta, ela raramente é abordada numa perspectiva histórica ou aplicada nos cursos de graduação o que poderia estar causando um baixo desempenho e o desinteresse dos alunos, portanto é fundamental estabelecer uma ponte entre a teoria matemática e suas aplicações.

A sistematização do Cálculo Diferencial e Integral, ou simplesmente Cálculo, no início do século XVIII, foram geradas de infinitas possibilidades e novas descobertas e aplicações da Matemática, pois essa ferramenta estende-se a outros os campos das ciências, sejam exatas ou humanas. O presente trabalho buscou compreender a importância do Cálculo Diferencial e Integral na formação de professores no Curso de Matemática destacando aplicabilidade em diversas áreas do cotidiano. Desse modo, buscamos desvelar a aproximação entre a importância e a aplicação do Cálculo relacionando com o modo no qual é ensinado nos cursos de licenciatura em Matemática. Apresentando uma significação para o que é aprendido nas disciplinas de Cálculo, tornando-o mais atraente para os estudantes, para que possam vincular os conceitos matemáticos enfocados em sala de aula com a realidade do cotidiano. Destacamos a relevância de conhecer a aplicabilidade do Cálculo para entender a dimensão conceitual e assim contribuir para despertar a motivação por parte dos acadêmicos para o estudo desta temática.

A partir das pesquisas realizadas para a execução desse trabalho pode-se observar que o Cálculo pode ser dividido em duas partes: uma que se relaciona à derivada ou Cálculo Diferencial e outra que se relaciona a integral ou Cálculo Integral. Diante dessas duas acepções, apresentaram-se algumas aplicações, com exemplos resolvidos, sendo possível constatar que o Cálculo está inserido em outras áreas como: Física, Engenharia, Medicina, Biologia, Economia, Administração, Geografia, Psicologia e dentre outras. Tudo isso é importante, pois estes são conteúdos que fazem parte do cotidiano e para a compreensão desses assuntos, a Matemática, no caso o Cálculo é uma ferramenta essencial.

A temática dessa investigação destinasse aos estudantes e professores dos cursos de graduação, especificamente das licenciaturas em Matemática, como forma de motivação para o estudo. Apresentando o Cálculo de forma significativa, como mais uma forma de mostrar a importância dessa ferramenta matemática, tornando-se uma disciplina indispensável para a formação científica do homem contemporâneo,

pois está presente em diversas áreas do conhecimento humano. Sendo assim, os conhecimentos adquiridos em um curso de Cálculo Diferencial e Integral, capacita-nos a analisar e determinar uma diversidade de problemas.

A formação e constituição do raciocínio para o estudo de Cálculo Diferencial e Integral, referência que se deve buscar maneiras alternativas de ensino, que facilitem a compreensão dos discentes, desta feita, esse campo de estudo continua em aberto, para outros possíveis trabalhos que venham complementar essa pesquisa e atendam as expectativas dos que trabalham e estudam nos cursos de formação docente, especificamente os de Matemática.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, João Emanuel de, **O uso das funções de várias variáveis no ensino da engenharia: conceitos e aplicações**. Artigo Fonte: PORTAL EDUCAÇÃO, Disponível em: < <http://www.portaleducacao.com.br/engenharia/artigos/71788/o-uso-das-funcoes-de-varias-variaveis-no-ensino-da-engenharia-conceitos-e-aplicacoes>> Acesso em: 10 de maio de 2016.

BARON, Margareth E. **Curso de história da Matemática: origens e desenvolvimento do cálculo**. Brasília: UNB, 1985. 5 v. 298 p.

CATAPANI, Elaine Cristina. **Cálculo em Serviço: Um Estudo Exploratório**. Bolema, Rio Claro, SP, Ano 14, n.16, p. 48 – 62, 2001.

CATININ, Veriano de Sousa. **A origem do cálculo diferencial e integral**. Rio de Janeiro: Trabalho Monográfico apresentado à Universidade Candido Mendes pró-reitoria de planejamento e desenvolvimento diretoria de projetos especiais projeto a vez do mestre, 2001.

FONSÊCA, Daniel Ribeiro da. **Noções de Cálculo Diferencial e Aplicações**. Teresina: Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Pós Graduação em Matemática, 2015.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: EdUECE, 2002.

GUEDIN, Juliana. **Cálculo diferencial e integral: o ensino como uma abordagem histórica e suas contextualizações**. Criciúma: Monografia apresentada à Diretoria de Pós-Graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2004.

LARSON, Roland E. **Cálculo com aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 1998. 711 p.

LIMA, A. L. & SILVA, S. C. R. **Aplicações do cálculo diferencial e integral II no curso de Engenharia Mecânica**. XVII SICITE – Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR, 2012.

LUIZ, E. A. J. & De CÓL, L. **Interdisciplinaridade entre as disciplinas de Cálculo Diferencial Integral e Estatística no curso de Engenharia**. IV Colóquio Internacional De Educação: Educação, Diversidade E Ação Pedagógica, 2014.

MASETTO, Marcos T. **O professor na hora da verdade: a prática docente no ensino superior**. São Paulo, Avêcamp, 2010.

UMA FORMA LUDICA DE APRENDER

Anna Cristina Barbosa Dias de Carvalho

Faculdade de Tecnologia de Itaquera, Curso de
Tecnologia de Automação Industrial
São Paulo-SP

RESUMO: A educação é uma arma poderosa no desenvolvimento de um País. Sem ela, não existe melhoria da qualidade de vida e nem a oportunidade de crescimento da População. Para que as novas gerações consigam opinar diante de questões sociais, elas precisam ser trabalhadas e ajudadas a desenvolver o senso crítico. O presente trabalho tem por finalidade apresentar uma experiência, utilizando Desenho Animado, numa disciplina do Curso de Tecnologia em Logística. O uso do filme tinha por objetivo auxiliar os alunos a entenderem o que a mudança produz em uma empresa ou em uma sociedade e como passar por essa mudança sem muitos problemas. O Filme utilizado foi os Croods (filme da DreamWorks) para despertar nos alunos as variáveis que podem interferir em um momento de mudança. E como lidar com essas variáveis de uma forma tranquila ou de uma forma mais suave para que as pessoas possam se acostumar com os novos rumos. O uso de um filme também ajuda a estimular os alunos da área de tecnologia a quebrarem paradigmas ao pensar, desenvolver ou projetar produtos ou gerenciar pessoas. Os

resultados obtidos foram muito interessantes e atingiram os objetivos propostos.

PALAVRAS CHAVES: ensino, aprendizagem, filme

ABSTRACT: Education is a powerful weapon in the development of a country. Without it, there is improving the quality of life and even the opportunity for growth of population. For the new generations are able to give an opinion on social issues, they need worked on and helped to develop the critic sense. The present work aims at presenting an experience using Cartoon, a discipline Logistics Technology Course. The use of the film was intending to help the students understand what the change produces in a company. The film used was the Croods (DreamWorks film) to awaken in students the variables that can interfere with a time of change. The use of a film also helps to stimulate students in the technology industry to break paradigms to think, develop or design products or managing people. The results were very interesting and met the proposed objectives.

KEYWORDS: Teaching, Learning, Movie,

1 | INTRODUÇÃO

O ensino de Engenharia é bastante técnico. Ele possui características fortes da

estrutura tecnicista onde os resultados são obtidos através de alguma fórmula ou método definido em uma matéria do curso.

Porém, a área tecnológica exige de seus formandos que eles possam trabalhar com recursos, inclusive os Humanos de uma forma eficiente. Sem essas qualificações fica difícil conseguir resultados em diversas empresas.

Um bom gestor é aquele que consegue perceber as necessidades além do que é falado ou elaborado como documento. Ele percebe as necessidades que estão nas entrelinhas. No caso Da Engenharia ou do Tecnólogo é difícil resolver problemas sem que as pessoas estejam envolvidas e realizando alguma atividade.

Uma questão a ser levantada é: como fazer com que esses futuros gestores consigam trabalhar os Recursos Humanos e seus conflitos sem problemas? Como trabalhar questões de posicionamento pessoal diante de problemas a serem encontrados em uma empresa?

O Objetivo desse trabalho é mostrar o uso de uma ferramenta de entretenimento no desenvolvimento do senso crítico dos futuros gestores.

Será feita uma revisão sobre tecnologias educacionais, ensino em Engenharia e a descrição do Trabalho.

2 | CONCEITOS BÁSICOS SOBRE ENSINO EM ENGENHARIA

As mudanças no mundo globalizado e informatizado têm exigido das empresas uma adaptação muito rápida. Essas adaptações exigem novos conhecimentos, mudanças de processos e desenvolvimento de novos produtos ou serviços. Diante disso, os novos profissionais precisam aprender a lidar com essas mudanças e com esse processo de adaptação (Baggio, 2007).

Essas Mudanças são parte do desenvolvimento econômico e da maior relação entre as empresas de vários países. Qualquer mudança ocorrida em um País influencia o outro. Porém, essas situações que exigem adaptações rápidas necessitam de um capital humano preparado para descobrir seus erros, buscar melhorias e junto com elas auxiliar a empresa a crescer. Mas como treinar esses profissionais a estarem preparados para isso? Nas Universidades, a grande preocupação é a transmissão de informações para que esses profissionais transformem em conhecimento.

Nesses casos é necessário desenvolver competências e habilidades para que os futuros profissionais possam atuar de forma eficiente.

Entende-se por competências a capacidade que o indivíduo tem para aprender. São potencialidades que são desenvolvidas pelos indivíduos para lidar com situações diversas. A competência é desenvolvida por cada indivíduo através de diversas formas. A competência surgiu diante de uma situação em que o indivíduo é submetido e necessita apresentar posicionamento. Então é um cuidado importante que a Universidade deve ter em oferecer oportunidades para que seus profissionais possam desenvolver competências que os ajudem no mercado de trabalho (Dias, 2010).

Diante de situações diversas o Indivíduo busca seus conhecimentos adquiridos e os aplica conforme as situações exigem. Para isso é necessário que os conhecimentos tenham tido uma sólida consolidação para que possam ser aplicados de acordo com a necessidade (Rodão, 2003).

Segundo Perrenoud (2002), competência é a capacidade de agir coerentemente em situações diversas, tendo como base os conhecimentos, desenvolvendo a aplicação desses conhecimentos através do fazer, pensar e apreciar a situação em que o indivíduo se encontra.

A competência está relacionada a percepção, pensamento, avaliação, tomada de decisão, escolha da melhor informação a ser utilizada. O raciocínio diante de problemas ou realidades que exigem mudanças. Esse processo aprimora o indivíduo para que ele consiga agir de forma adequada diante de mudanças nas quais ele seja obrigado a viver. Ou seja, as competências são desenvolvidas através de ações, conhecimentos e realidades vividas. Um fator importante no desenvolvimento das competências é a motivação que o indivíduo tem em aprender coisas novas e aprimorar suas experiências. As habilidades são desenvolvidas para auxiliar nas ações que o indivíduo deve desenvolver diante de situações importantes nas empresas ou em qualquer ambiente em que ele precise atuar (Dias, 2010).

Os futuros profissionais estão vivendo em uma era de muitas mudanças e dessa forma é importante saberem aplicar as informações que estão obtendo em sala de aula. Através de situações onde os indivíduos possam ser estimulados a aplicar seus conhecimentos como: dinâmica de grupo, trabalhos de análise de cases, uso de filmes, discussões sobre assuntos do cotidiano, uso de jogos de empresas e outras ferramentas que possam auxiliar os alunos a vivenciarem situações que sejam semelhantes a realidade em que vão atuar.

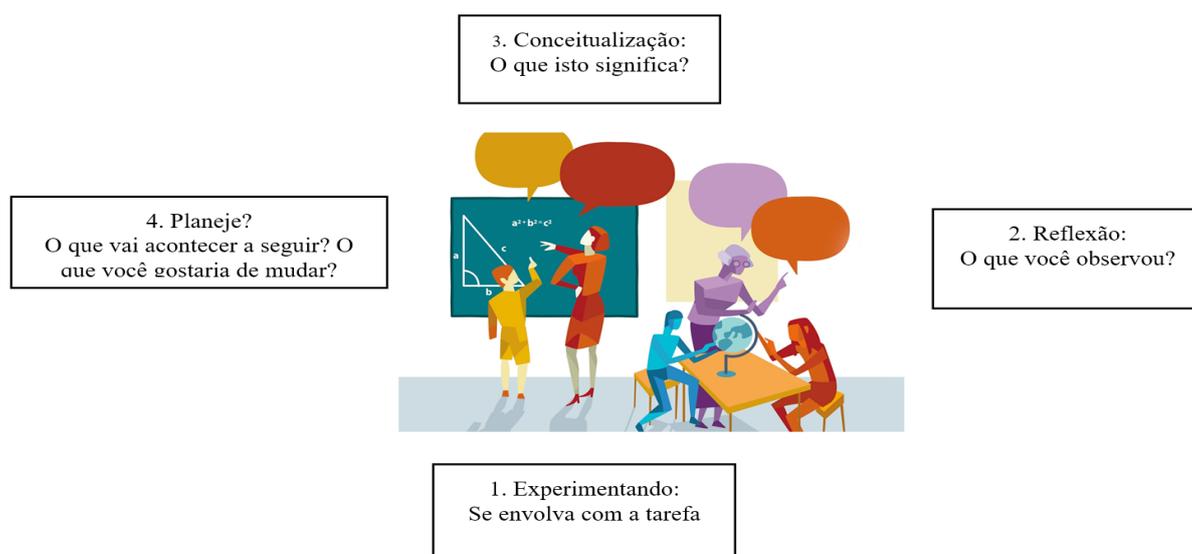


Figura 1 – Ciclo de Kolb (Carvalho, 2002)

O Ciclo da Aprendizagem diz que existem etapas do processo de aprendizagem e eles ocorrem de forma complementar. Ele se inicia com um questionamento, através de um experimento ou problema ou filme ou discussão é possível levantar reflexões sobre o assunto que foi estudado, essas reflexões buscam os conceitos já existentes e os conhecimentos já adquiridos. São feitas associações em relação a cada uma delas e a partir dessa junção de experiência e conhecimento é possível formar novos conhecimentos e tornar o aprendizado solidificado novamente para reiniciar o ciclo (Carvalho, 2002).

Os filmes são utilizados na parte inicial do ciclo de Kolb, apresentado na figura 1. Ele auxilia o aluno a entender necessidades de habilidades que talvez não tenha sido percebida a partir das questões identificadas no filme.

3 | METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida com base nas características da pesquisa descritiva. Esta pesquisa analisa as características de uma população ou fenômeno. Relacionamento entre estas variáveis e como isso influencia os resultados observados.

A população do estudo foi uma classe de tecnologia alunos do Curso de Tecnologia em Logística na região de Carapicuíba, São Paulo. O fenômeno que foi estudado é a capacidade de abstração das informações e a aplicação de conhecimentos em diversos campos, mas como é possível observar situações cotidianas e ser capaz de desenvolver habilidades como compreensão e aplicação de novos conceitos.

As questões de pesquisa surgiram em discussões em outros semestres, com outras classes no mesmo curso. Discussões sobre como analisar os fenômenos que influenciam as mudanças em uma empresa. Os alunos não conseguiam observar e identificar as variáveis que poderiam influenciar nos problemas observados.

Em seguida, veio a ideia de propor uma situação lúdica para que eles pudessem entender outras formas de olhar um mesmo fenômeno e assim aprender a interferir em situações reais.

Um filme, os Croods, foi utilizado como base para essa dinâmica. Ele foi usado para auxiliar os alunos a entenderem esse processo de análise mais profunda, mas existem outros que podem ser utilizados. Este filme foi sugerido aos estudantes e os mesmos acharam interessantes. O filme foi passado em sala e depois foi aberta discussões sobre varias questões que eles precisam observar além das cenas existentes no filme. De forma, a despertar no aluno a necessidade de observar cuidadosamente todas as possibilidades e buscar conhecimentos e variáveis complementares.

Descrição da tarefa completa segue abaixo.

4 | A APLICAÇÃO DO FILME ANIMADO

O trabalho consiste em utilizar ferramentas de entretenimento para auxiliar os alunos a pensarem em suas atitudes e entenderem situações do dia a dia de uma forma mais lúdica. O curso que foi aplicada a experiência foi o de Tecnólogo em Logística, na disciplina de Gestão de produção e operações. Essa disciplina se encontra no 5º semestre de um curso com 6º semestres. Esses alunos já conhecem a área de Logística, já estão dentro de empresas e estão em processo de assumir uma chefia.

Um dos tópicos utilizados como base teórica dessa disciplina é a teoria dos sistemas onde os alunos precisam entender as características do sistema e como as variáveis influenciam o mesmo. Também se fala em melhoria contínua para que os processos sejam aprimorados, porém uma coisa que dificulta a melhoria contínua é o hábito que as pessoas possuem de fazerem sempre aquilo que as deixam seguras.

Diante destes dois itens, foi escolhido o filme *Os Croods* para serem assistidos e comentados pelos alunos. O filme foi escolhido por ter a teoria da Caverna, de Platão, como pano de fundo e por mostrar situações de equipe, de vida em comunidade e mudanças.

O filme é um desenho animado que conta uma história de uma família da época das cavernas. A família era composta pelo pai, mãe, filha, filho e Avó. Eles viviam em uma caverna e o pai havia ensinado aos filhos que eles não deviam fazer nada além do que conheciam. Que deveriam ter medo do desconhecido, pois ele fazia muito mal. A filha mais velha estava na adolescência e queria conhecer novas coisas e conhecer algo mais, com isso ela acabou saindo da caverna a noite e vivendo uma situação perigosa e foi salva por um rapaz que a incentivou a conhecer novas coisas. Além disso, ele já sabia que ia haver movimentação de terra e que seria perigoso ficar na região em que a caverna da família estava.

O pai sai para procura-la e fica muito bravo com ela por ter desobedecido, mas nesse momento ocorre um terremoto e eles são obrigados a fugir. Com isso, todos os valores existentes na família vão por terra e eles ficam sem rumo. O rapaz reaparece e gera um desconforto com o pai que o acha uma ameaça e o prende. Após novo tremor de terra, o pai deixa o rapaz livre e ele vai orientando a família por onde deve ir e eles descobrem um novo lugar para viver.

O filme também mostra a forma como a família consegue comida, a relação de amizade e companheirismo de cada um. Os princípios e valores que cada um tem e o valor de cada um deles dentro daquela equipe de trabalho. Além de mostrar a crise de identidade que o pai passa por ter alguém ameaçando a liderança dele e as reações que o mesmo acaba tendo por conta desse medo.

Através do filme foi possível questionar o que é mudança? Quais as vantagens e desvantagens dela? Se podemos evita-las? Como encarar um adversário? Quais os problemas do surgimento de uma nova liderança? Como os valores são importantes para manter uma equipe unida apesar das mudanças? Como os sistemas funcionam?

Qual a importância do ambiente sobre o sistema? Como essas mudanças interferem no sistema?

O uso do filme foi interessante e lúdico, não deixando os alunos dispersos. Diante do filme, todos eles se divertiram, pois o filme é animado e muito engraçado. Após o filme foi feita uma seção de questões que os fizesse pensarem em todos os pontos importantes do filme. Diante das respostas foi possível abrir uma discussão sobre o trabalho em equipe e a importância de todos dentro da estrutura existente. Cada um da sua forma e com as suas habilidades puderam contribuir para que a família ficasse unida, protegida e alimentada.

Foi feito um paralelo com a empresa, que é um sistema, possuem componentes e o quanto cada um precisa entender a função do outro para que possam crescer com um todo. Outra questão levantada foi à importância do novo, mas a valorização da experiência do antigo faz uma diferença de tempo e de precisão ao tomar decisões. Nas empresas é importante que chegue novas ideias, que se avaliem os processos existentes sempre para que possam ser aprimorados. As equipes precisam ser incentivadas a crescer porque isso faz com que a empresa cresça. Uma questão importante é que as mudanças as vezes chegam sem avisar e as empresas precisam reagir rapidamente para não perder mercado ou concorrência.

As novas lideranças não invalidam as mais antigas. Elas precisam se unir para que os resultados sejam positivos. Para enfrentar as ameaças é preciso estar unido e procurar se adaptar ao novo ambiente que se deslumbra. Existem pessoas que olham as mudanças com uma visão dos obstáculos, elas são interessantes porque mostram os problemas que podem ocorrer, mas não podem dominar as ações e amedrontar a busca pela mudança.

As mudanças trazem inquietações e turbulências, mas elas auxiliam no crescimento da empresa. Para enfrentar essas mudanças tranquilas é importante que a empresa tenha estabelecido valores sólidos para que eles consigam passar pelas variações de mercado, novas tecnologias, mudanças de hábitos da população, mudança de renda, de impostos, mas consiga se manter viva diante do mercado.

Também existem as mudanças individuais que todos passam ao longo da vida. Elas precisam ser conhecidas e trabalhadas, pois podem causar incômodos para o grupo de trabalho. Pessoas que não lidam bem com o amadurecimento ou com a chegada de novos colaboradores podem causar prejuízos importantes para uma organização. Essas são mudanças que nem sempre podem e são trabalhadas pelas empresas, mas que são causas de conflito.

Esse trabalho foi desenvolvido em duas turmas do Curso de Tecnologia em Logística. Cada turma tinha 40 alunos. Esses alunos são da Classe C, residentes no Município de Carapicuíba, na Grande São Paulo. Tem idade entre 24 a 39 anos. A maioria já possui emprego na área de Logística, um percentual de 2% trabalhava em outras atividades.

A dinâmica ocorreu em 2 aulas. Em uma foi visto o filme e distribuído o questionário

para ser desenvolvido em grupo. Na aula seguinte foram discutidas as questões respondidas e a visão dos alunos sobre as questões sobre mudança, liderança, sistema, relacionamento entre áreas em um sistema e valores.

Diante o perfil dos alunos, foi identificado dúvidas entre eles relacionadas a com: como tornar-se um líder? Como enfrentar um chefe com características de personalidade mais forte? Como lidar com as mudanças? Como se preparar para enfrentar as mudanças? Como contribuir para que a empresa possua valores importantes? Como manter esses valores vivos na empresa?

Essas questões foram discutidas em sala com todos. E foram levantadas reflexões para que os alunos pudessem pensar em sua formação, valores e postura para isso contribuísse de uma forma efetiva na formação deles.

Não é possível ensinar ao aluno como ele deve ser portar ou como ele deve agir diante de todas as situações possíveis de uma empresa. Então uma alternativa é ajuda-lo a pensar em posturas que ele já viu e como isso pode ter consequências quando não são vividas de uma forma equilibrada.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desenvolver habilidade e competências em alunos universitários é uma necessidade, pois os mesmos irão trabalhar com situações de grande necessidade de mudanças. Porém, na grade curricular dos cursos de Tecnologia a grande preocupação é em passar informações.

Porém, as empresas estão em um nível de competitividade muito alto e com isso precisam passar por mudanças constantes.

O presente trabalho teve por objetivo mostrar o uso de uma ferramenta de entretenimento no desenvolvimento do senso crítico dos futuros gestores.

Ele foi desenvolvido em uma disciplina de Gestão de produção e Operações, no tópico onde se discutiu sobre a influência das mudanças dentro de um sistema.

Foi utilizado um filme Os Croods para mostrar, de forma lúdica como é importante saber lidar com as mudanças e como elas são importantes para o crescimento pessoal, profissional e da própria empresa.

REFERÊNCIAS

Baggio L. Lima, I. A. de. Waltrick, M.S. Paula, A. C. M. P. **Ensino Superior: Mapeamento de Competências da Graduação às Organizações**. XXXV Cobenge. 10 a 13 de Setembro de 2007, Curitiba, PR.

Carvalho, A. C. B.D., Porto, A. **Procedimento para Auxiliar o Processo Ensino/Aprendizagem na Engenharia**. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação da EESC. São Carlos, 2002.

Dias, I. S. **Competências em Educação: Conceito e Significado Pedagógico**. Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional. SP. V. 14 No 1. Janeiro/Junho/2010 pp. 73-78.

Perrenoud, P. Thurler, M; Macedo, L. Machado, H. & Alessandrini, C. **As Competências para Ensinar no Século XXI**. A formação dos Professores e o Desafio da Avaliação. Artmed. Ed. Porto Alegre, 2002

Roldão, M. **Gestão do Currículo e Avaliação de Competências – As questões dos Professores**. Lisboa: Editorial Presença. 2003.

SOBRE A ORGANIZADORA

SABRINA PASSONI MARAVIESK Possui graduação em Licenciatura em Física e Mestrado em Ciências/ Física, ambos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Atualmente é doutoranda na área de Ensino de Ciências nas Engenharias e Tecnologias pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. É também professora adjunta do Centro de Ensino Superior de Campos Gerais na cidade de Ponta Grossa. Ministra as disciplinas de: Mecânica dos Fluidos, Fenômenos de Transporte, Mecânica Aplicada, Eletricidade e Magnetismo, Física Atômica e Nuclear, Física da Ressonância Magnética Nuclear, Física das Radiações Ionizantes e Não Ionizantes e Física e Instrumentação Aplicada a Engenharia Biomédica; nos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Civil, Tecnologia em Radiologia, Pós -Graduação em Segurança do Trabalho e Imagenologia. Já atuou como professora de Ensino Médio em escolas pública e particular ministrando aulas de Física e Robótica.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-57-4



9 788585 107574